Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Über Eisengehalt und lokale Eisenspeicherung in der Zellwand der Desmidiaceen

Von

Karl Höfler

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität, Nr. 245 der zweiten Folge, und der botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums in Wien

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Jänner 1926)

I.

Es ist seit langem bekannt, daß verschiedene Arten der Gattung *Closterium* in ihren Zellmembranen Eisen enthalten. Klebs (1886, p. 383) hat dies zuerst beobachtet. Die bräunlichen Zellwände von *Closterium didymotocum, angustatum* und *striolatum* hinterließen beim Glühen ein vorwiegend aus Eisenoxyd bestehendes Skelett.

Molisch (1892, p. 13) hat in seiner grundlegenden Studie »Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen« lockergebundenes Eisen mittels der Blutlaugensalzprobe bei etwa 20 Algengattungen, worunter die Desmidiaceen durch die Gattung *Closterium* vertreten sind, direkt nachgewiesen. Das Eisen liegt am öftesten der Außenseite der Zellwand auf oder steckt in den Hüllgallerten, minder häufig ist es der eigentlichen Zellmembran eingelagert, noch seltener findet es sich im Zellinhalte. Bei *Closterium* ist das Eisen in der Zellwand selbst enthalten, während die Gallerthülle davon frei bleibt.

Lütkemüller hat später (1902) dem feineren Bau der Desmidiaceen-Zellwand eingehende anatomische Untersuchungen gewidmet, wobei auch die mikrochemischen Verhältnisse Berücksichtigung fanden. Nach den Befunden dieses Forschers besteht die Wand der »placodermen« Desmidiaceen aus zwei Schichten; die Innenschicht gibt sich bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure, mit Chlorzinkjod und mit Kupferoxydammoniak als aus Zellulose bestehend zu erkennen, in der Außenschicht tritt mit den genannten Reagentien die Reaktion nur viel später und in abgeschwächtem Maße oder überhaupt nicht ein.[1] — Das Eisen fand sich bei einer großen

[1] Lütkemüller (1902, p. 353, 399) vermutet, daß in der Außenschicht die Gegenwart eines anderen Stoffes die Zellulosereaktion erschwert. Diese Ansicht wird durch spätere Beobachtungen van Wisselingh's an zwei *Closterium*-Arten gestützt; er sagt (1912, p. 347): »Neben der Zellulose kommt in der Zellwand eine Substanz vor, die durch Rutheniumrot gefärbt wird. Durch dieses Reagens, das man am besten in schwach ammoniakalischer Lösung anwendet, wird die ganze Zellwand lebhaft rot gefärbt. Mit Rutheniumrot färbt man Pektinstoffe, gegenüber reiner Zellulose aber ist es indifferent. Die Rotfärbung wird deshalb durch einen

südamerikanischen *Closterium*-Art, *Cl. turgidum* Ehrbg. subspec. *giganteum* Nordst., bei welcher sich die zwei Schichten der Membran mit der Präpariernadel voneinander trennen ließen, hauptsächlich in der äußeren Schicht vor, die Innenschicht war in ganz jungen Zellen eisenfrei und gab auch bei älteren mit Ferrocyankalium und Salzsäure viel schwächere Reaktion. Bei den anderen, kleineren, eisenführenden Closterien gelang die mechanische Isolierung der Membranschichten zwar nicht, doch ließen sich durch Quetschen der Präparate Lappen der Zellwand mitunter derart absprengen, daß die äußere oder die innere Schicht der Membran allein etwas vorragte; dann zeigte sich die äußere stets dunkler von Eisen gefärbt. Außer der Gattung *Closterium* konstatierte Lütkemüller Eisen noch bei *Penium cylindrus* Bréb., *Penium margaritaceum* Bréb. und gelegentlich bei *Penium polymorphum* Perty. Bei *P. cylindrus* zeigte das Eisen innerhalb der Membran eine weitere Lokalisation, die unser Interesse beansprucht; es war nur einer dünnen Lamelle an der Innengrenze der äußeren Membranschicht und radiären Stäbchen, die von dieser nach außen ragen, eingelagert.

Lütkemüller verwertete seine anatomischen Befunde zu einer systematischen Gliederung[1] der Desmidiaceen. Er unterscheidet auf Grund des Membranbaues zunächst die zwei Unterfamilien der saccodermen Desmidiaceen mit einfacher, nicht segmentierter, porenfreier Zellwand und der placodermen mit segmentierter und in eine deutliche Außen- und Innenschicht differenzierter Wand. Die Einteilung deckt sich sehr annähernd mit der heute angenommenen Spaltung der Desmidiaceen, im älteren, weiteren Sinn, in die zwei natürlichen Familien der *Mesotaeniaceae* und der *Desmidiaceae* im engerenSinn (vgl. Oltmanns, 1904, 1922, p. 82; Wettstein, 1923, p. 113). Die Saccodermen entsprechen den Mesotaeniaceen, die Placodermen den eigentlichen Desmidiaceen. Die letzteren werden weiter gegliedert in die drei Tribus der *Penieae* mit nicht eingeschnürter, porenfreier Zellwand und unregelmäßig wechselnder Teilungsstelle, der *Closterieae* mit nicht eingeschnürter porenführender Wand und regelmäßig wechselnder Teilungsstelle und der *Cosmarieae* mit eingeschnürter, aus zwei Schalstücken bestehender Wand, mit Porenapparat und fixer Teilungsstelle. — Die Beobachtungen über Membraneisen beschränkten sich

andern Stoff als Zellulose hervorgerufen. Man kann die Zellwand von diesem Stoff durch Erhitzen mit Glyzerin in zugeschmolzenen Röhren (bei 300°) befreien. Derselbe wird dann ganz oder fast ganz zersetzt und aus der Zellwand entfernt. Die Zellwand wird dann durch Rutheniumrot nicht mehr gefärbt *(Closterium Ehrenbergii)* oder sie zeigt nur äußerst schwache rote Färbung *(Closterium acerosum)*. Läßt man unter dem Deckglas der bis auf 300° in Glyzerin erhitzten Zellwand Kupferoxydammoniak zufließen, so beobachtet man, daß die Zellwand sich rasch löst *(Cl. Ehrenbergii)*.«

[1] Diese wird von West (1904 f.) seiner Monographie der britischen Desmidiaceen angenommen.

auf Formen aus dem Tribus der *Penieae* und *Closterieae*, respektive auf die Gattungen *Penium* und *Closterium*. Für die *Cosmarieae*, welche den Großteil der Desmidiaceengattungen und -arten umfassen und bei welchen die Differenzierung der Zellwand die höchste Stufe erreicht hat, wurde Eisen noch nicht beobachtet.

Während seit Molisch's Monographie über die Eisenbakterien, worin (1910, p. 53) auch die übrigen Eisenorganismen in einem Kapitel behandelt sind, noch mehrere Autoren neue eisenspeichernde Formen aus verschiedenen Gruppen beobachteten oder die Erfahrungen an bereits bekannten erweiterten, so vor allem Naumann (1922), ferner Vouk (1919), Gicklhorn (1920), Cholodnyi (1924), sind für Desmidiaceen bis in die jüngste Zeit (vgl. Oltmanns, 1922/23) außer den angeführten weitere Vorkommnisse nicht bekannt geworden.

Molisch (1925, p. 149) erwähnt in seinen umfassenden Studien über die Eisenorganismen Japans, durch welche diese physiologisch so interressante Organismen neuerlich in den Vordergrund gerückt werden, für *Pleurotaenium nodulosum* und eine zweite Desmidiacee aus der Umgebung Sendais die Einlagerung von Eisenoxyd in dem die Zellmitte umschließenden Ring. Der gleiche Fall lokaler Membraninkrustation soll für europäisches Material auf den folgenden Seiten als erster behandelt werden.

Methodisches: Ich verwendete nach Molisch's Angabe (1892, p. 1; 1923, p. 41) zum Eisennachweis die Reaktion mit Ferrocyankalium und Salzsäure. Die anderen lokal wirkenden Reaktionen zog ich nur vergleichsweise heran. Kleine Proben des Algenmaterials wurden mit einer Glaspipette auf den Objektträger gebracht, einige Tropfen einer $2^1/_2$prozentigen Lösung des gelben Blutlaugensalzes zugesetzt und die Algenflocken durch Zerzupfen mit Glasnadeln darin verteilt und etwa 15 Minuten ohne Deckglas liegen gelassen. Dann wurde die Probe entweder mit Glasnadeln in fünfprozentige HCl übertragen oder bei zarten Materialien der Beobachtungstropfen mit etwas zehnprozentiger HCl untermischt, wobei schon makroskopisch die Flocken blaue oder blaugrüne Farbe anzunehmen pflegten; hierauf wurde das Präparat mit Deckglas bedeckt, nach wenigen Minuten dest. H_2O mit Filtrierpapier vorsichtig durchsaugt und die Salzsäure gründlich ausgewaschen. Die Membranen und Membranteile, die locker gebundenes, ionisierbares Eisen in Form von Ferriverbindungen ($Fe^{\cdot\cdot\cdot}$) enthalten, erscheinen dann je nach der Menge des vorhandenen Eisens heller oder tiefer blau gefärbt.

Dauerpräparate in verdünntem Glyzerin, mit venezianischem Terpentin verschlossen (vgl. Molisch, 1923, p. 23), halten sich gut. Solche Präparate, die vor mehr als drei Jahren hergestellt worden sind, lassen noch alle Einzelheiten der Eiseneinlagerung in unveränderter Schärfe erkennen.

II. Beobachtungen an frischem Material.

Mein Untersuchungsmaterial entnahm ich zum größten Teil den subalpinen Hochmooren der Ramsau bei Schladming in Obersteiermark, die durch Reichtum und Üppigkeit ihrer Algenvegetation ausgezeichnet sind. Die Algen wurden lebend der Reaktion unterworfen. Meist ließen sich außerdem in den Präparaten leere Zellen oder Halbzellen der beobachteten Arten auffinden, die für die Wahrnehmung mancher Details noch günstiger sind. Fixiertes Material ist zur Untersuchung nicht ohne weiteres zu brauchen und wurde vermieden, weil im Fixierungsmittel postmortal Eisen gespeichert oder in sauren Gemischen Eisen aus den Membranen herausgelöst werden könnte. — Die meisten Hochmoordesmidiaceen bleiben viele Monate lang am Leben, wenn man kleine Proben im Wasser vom natürlichen Standort kühl und licht hält und die Algen vor verunreinigter Luft und Staub schützt. Nach früheren mißglückten Versuchen gelang es zweimal (1921/22 und 1924/25), im Herbst gesammeltes und mitgeführtes Material den Winter über in gutem Zustand zu erhalten, so daß mir dauernd lebende Algen zur Verfügung standen; ich besitze noch jetzt, im Mai 1925, etliche im Oktober 1924 gesammelte Proben, in denen der größere Teil der Desmidiaceenarten lebt.

Bestimmt wurden die Objekte vornehmlich nach West's (1904/23) Handbuch. Außerdem wurde vielfach die Originalliteratur herangezogen. Sehr gute Dienste leistete mir Heimerl's Studie »*Desmidiaceae alpinae*« (1891), worin eben dasselbe »Ramsauer Torfmoor«,[1] in welchem auch ich mein bestes Material sammelte, hinsichtlich seiner Desmidiaceenflora als erstes im österreichischen Alpengebiet eine sorgfältige Bearbeitung erfahren hat.

Bei mehreren Bestimmungen wurde ich von Herrn Medizinalrat Dr. Siegfried Stockmayer (Stammersdorf b. Wien) in liebenswürdigster Weise unterstützt, wofür ich ihm meinen herzlichen Dank ausspreche.

Die Fähigkeit, Eisenoxydhydrat in den Zellmembranen zu speichern, war, wie erwähnt, bis in die jüngste Vergangenheit in der Familie der Desmidiaceen nur für Arten der Gattungen *Closterium* und *Penium* bekannt, nicht aber für den Tribus der *Cosmarieae*, dem doch weitaus der größte Teil aller Desmidiaceen angehört.[2] Es weckte nun mein Interesse, als ich bei verschiedenen hiehergehörigen Formen Eisen fand, welches in eigenartiger und sehr charakteristischer Weise der Membran eingelagert erscheint. Ich will im folgenden meine einschlägigen Beobachtungen, die sich auf lebendes Material beziehen, etwas ausführlicher beschreiben. In der Anordnung der Gattungen folge ich West.

Bei mehreren Arten der Gattung *Pleurotaenium* findet sich an der Verbindungsstelle der Zellhauthälften ein vorspringender Wulst, der ringförmig um die Zellmitte verläuft. Derselbe ist den Morphologen wohl bekannt. Er besteht nach Lütkemüller (1902,

---

[1] In den folgenden Tabellen RT abgekürzt. Das Moor liegt bei zirka 1050 *m* Seehöhe an der neuen Straße Schladming—Ramsau, dort, wo sie die Plateauhöhe erreicht. Der seit Heimerl's Arbeit eingebürgerte Name »Ramsauer Torfmoor« muß für dieses Moor beibehalten werden, obwohl das Plateau der Ramsau mehrere Hochmoore trägt. — Ein zweites Sphagnummoor, das mir reiche Ausbeute lieferte, liegt etwa 5 *km* weiter westlich am Nordfuß des Rettesberges; ich bezeichne es als RMK = Ramsau, Moor beim Karlwirt (Lokalname: »Schweigermoos«).

[2] Ich finde nur eine gelegentliche Bemerkung bei Klebs (1886, p. 387) wonach bei *Euastrum verrucosum* die Warzen zum Teil etwas Eisenoxydhydrat enthalten.

p. 355) »aus dem nach auswärts gekrümmten übergreifenden Rande der einen Zellhauthälfte, während der untergreifende Rand der zweiten wie gewöhnlich zugeschärft ist. An dem letzteren gelangt jedoch der Ringwulst zur Ausbildung, sobald eine Zellteilung eintritt und noch bevor das Wachstum der jungen Zellhälfte beendet ist.« Bei *Pleurotaenium nodulosum* (Bréb.) De Bary [= *Pleurotaenium coronatum* var. *nodulosum* (Bréb.) West], das sich in Algenproben aus dem Ramsauer Torfmoor reichlich vorfand, erscheint dieser Wulst als eine schmale, braune, deutlich vorspringende Ringleiste. Durch Behandlung mit gelbem Blutlaugensalz und Salzsäure wird nun diese Leiste tief dunkelblau gefärbt (Taf., Abb. 1). Die übrige Membran bleibt völlig farblos, auch der am Scheitel der Zellhälften gelegene Kranz flacher Wärzchen, desgleichen die Gallerthülle der Zellen. Die Ringleiste wird als schmaler, blauer, die Zellmitte umschließender Gürtel auf farblosem Grund sichtbar und fällt noch viel mehr ins Auge als vor der Reaktion, einen ungemein zierlichen Anblick gewährend.

Der Ringwulst von *Pleurotaenium nodulosum* ist somit der Sitz intensiver, streng lokaler Eisenspeicherung.

Lebende und tote Zellen geben die Reaktion in gleicher Weise. Auch leere, mazerierte Zellhälften zeigen an der Basis oft noch deutlich den blauen Eisenring. An jungen Zellen ist die Blaufärbung des Gürtels bisweilen schwächer, nur sehr selten aber bleibt die Reaktion aus. In zahlreichen Proben, die im Sommer und Herbst 1916, 1920, 1921 und 1924 gesammelt wurden, erwiesen sich die Gürtel aller Zellen als eisenhaltig.

Von besonderem Interesse ist, daß Molisch an japanischem Material die Eiseninkrustation in gleicher Weise ausgebildet fand; er sagt von unserer Alge (1925, p. 149): »Sie besitzt in der Mitte der Zelle eine Einschnürung, in der ein aus Eisenoxyd bestehender brauner Ring die Zelle wie ein Armband das Handgelenk umfaßt. . Auch die Membran alter Zellen kann Eisen speichern und dann kann man ebenso wie bei *Closterium* die ältere von der jüngeren Membranhälfte durch den Grad der Eisenreaktion leicht unterscheiden.« Das von mir geprüfte Material unterschied sich nur darin, daß auch alte Membranen, soweit meine Erfahrung reicht, außer der Ringleiste übrigens von einer Eiseneinlagerung nichts erkennen ließen.

Prüft man mit rotem Blutlaugensalz und HCl auf Ferroverbindungen, so geben die Ringleisten von *Pleurotaenium nodulosum* ebenfalls streng lokale Blaufärbung (von Turnbullsblau), wenn auch in schwächerem Grad als mit dem gelben Blutlaugensalz. Das Eisen befindet sich also wohl zum Hauptteil in der Oxyd-, zum geringeren in der Oxydulform, so wie es Molisch (1892, p. 14) bei anderen Algen gefunden hat. Ähnlich reagierten, wie ich gleich hier vorausgreifend bemerke, bei Behandlung mit

Ferricyankalium, soweit geprüft, auch die weiterhin als eisenführend beschriebenen Desmidiaceen.

Pleurotaenium rectum Delp. [= *Pl. trabecula* var. *rectum* (Delp.) West], das in Gesellschaft des *Pl. nodulosum* reichlich auftrat, hat keine vorspringende Isthmusleiste, sondern die Grenze der Zellhälften ist nur durch eine zarte Linie markiert. Die Art enthält kein Membraneisen.

Die Gattung *Tetmemorus* ist eisenfrei. Die Zellen von *Tetmemorus granulatus* (Bréb.) Ralfs. habe ich aus zahlreiche, in verschiedenen Mooren gesammelten Proben untersucht. Sie geben immer negative Reaktion, auch wenn sie aus sehr eisenreichen Wässern stammen, bemerkenswerterweise selbst solche Individuen, die vereinzelt zwischen einer Vegetation brauner, nach der Reaktion tiefblauer Closterien eingestreut sind.

Es wurde weiterhin ein großer Teil der in Ramsau vertretenen Desmidiaceen, meist aus verschiedenen Materialien und zu verschiedenen Zeiten, auf Eisen geprüft. Der Ausfall der Reaktionen ist in der Tabelle auf p. 122 f. vermerkt. Das Ergebnis war, daß im Tribus der *Cosmarieae* die Mehrzahl der Formen Eisen nicht nachweisen läßt. Die Fähigkeit, in der Membran locker gebundenes Eisen einzulagern, erscheint als ein Eigentümlichkeit gewisser Spezies, die den anderen, unter gleichen Außenbedingungen und in denselben natürlichen Verbänden lebenden Arten fehlt. Immerhin gelang es, Membraneisen bei etlichen Arten festzustellen. Einige verdienen genauere Beschreibung.

Die meisten der oft in großer Individuenzahl vertretenen Euastren sind konstant eisenfrei. Nur zwei Arten sind ausgenommen. Eine kleine, in den österreichischen Alpenländern anscheinend noch nicht beobachtete Art,[1] die im Ramsauer Torfmoor an mehreren Plätzen vereinzelt, in einem Tümpel sogar häufig vorkommt und mit *Euastrum insulare* (Wittr.) Roy (vgl. West II, p. 68) übereinstimmt, zeigt nach Ausführung der Blutlaugensalzprobe einen zarten blauen Ring um den Isthmus von etwa 1 bis $1^1/_2$ μ Breite (Taf., Abb. 5). Derselbe fehlte in meinem Material selten ganz. Die Intensität der Färbung ist aber verschieden, gewöhnlich deutlich blau oder hellblau, hin und wieder so licht, daß die Farbe nur am inneren Rand der Isthmuswinkel bei tangentialer Durchsicht wahrgenommen wird. Gegen die farblosen Zellhälften sind die Gürtel scharf abgesetzt, der Eisengehalt ist streng lokal. Der Ort der Einlagerung an der Kontaktzone der Halbzellen entspricht dem beschriebenen bei *Pleurotaenium*, aber eine morphologische Differenzierung des mit Eisen imprägnierten Membranteiles tritt hier nicht zutage. Leere Zellen reagieren wie lebende. —

[1] Die Spezies wurde für Böhmen von Lütkemüller (1910), für Mähren von R. Fischer (1920) nachgewiesen.

Sonst fand sich Eisen in der Gattung nur noch bei *Euastrum verrucosum* Ehrenb. Mein lebendes Material von dieser Alge war aber sehr kärglich. Ich komme auf sie im nächsten Abschnitt zurück.

Aus der Gattung *Micrasterias* hatte ich von den sieben Arten meines Gebietes nur drei lebend zu prüfen Gelegenheit. Überall fand sich Eisen, doch es ist nur auf einem sehr kleinen Teil der Membran lokalisiert. *Micrasterias pinnatifida*[1] (Kütz.) Ralfs. zeigt — oft, doch nicht immer — einen schmalen Eisengürtel von etwa $1^1/_2$ μ Breite um den Zellisthmus, ganz ähnlich wie das eben beschriebene *Euastrum insulare,* doch ist im Vergleich zu den Dimensionen der Zelle das Band hier noch zarter. Bei *Micrasterias rotata* (Grev.) Ralfs, werden die Zähnchen, die rings an der Zelle vorne an den Enden der Lappen letzter Ordnung sitzen, durch die Fe-Reaktion am Spitzenteil hellblau (Taf., Abb. 6). außerdem findet sich mitunter auch der blaue Gürtel um die Zellmitte. Bei *Micrasterias truncata* (Corda) Bréb. sah ich beide Arten der Einlagerung zugleich, einen intensiv blauen, beiderseits scharf konturierten Isthmusgürtel von zirka $2^1/_2$ bis 3 μ Breite und zarter blaue, etwa 1 bis 2 μ große blaue Spitzchen der meisten Zähne (Taf., Abb. 7).

In der großen Gattung *Cosmarium,* zu der wir nun gelangen, sind die Untergattungen mit glatter und mit granulierter oder warziger Zellhaut gesondert zu behandeln.

Bei den glatten Cosmarien zeigte sich die Membran (von *C. Regnesii* Reinsch. abgesehen) meist von Eiseneinlagerung frei, und zwar außer bei den in der Tabelle auf p. 131 f. namhaft gemachten noch bei mehreren anderen Arten. Einige von den lebend untersuchten Formen bilden aber eine Ausnahme.[2] Bei *Cosmarium fontigenum* Nordst. fand sich der schmale Eisengürtel um die Zellmitte wieder, allerdings nicht konstant, sondern nur bei einem großen Teil der Exemplare. Ein gleiches eisenführendes Band um den Isthmus wies oft *Cosmarium tumidum* Lund. (?) auf. *Cosmarium Clepsydra* Nordst. (= *C. atlanthoideum* Delp. *f. rectiuscula* Heimerl) zeigt ähnliche Gürtel, bei letzterem sah ich außer dem Isthmusring oft in der vorspringenden Mitte der Breitseite der Halbzellen je einen blauen Fleck, welcher zumal in der Scheitel- und Seitenansicht deutlich hervortritt; die übrige Zellmembran bleibt immer ungefärbt.

Bei den Cosmarien der zweiten Hauptgruppe mit skulpturierter Zellwand ist Membraneisen bei weitem häufiger. Hier fanden sich unter den nicht zahlreichen, in frischem Zustand geprüften Arten einige interesante Vorkommnisse. Es seien zwei Typen der Eiseneinlagerung etwas ausführlicher beschrieben.

---

[1] Auch bei später untersuchter *Mi. pinnatifida* ließen sich zarte Eisenpünktchen an den Zahnspitzen feststellen.

[2] Über *Cosmarium tinctum* vgl. p. 150.

Cosmarium conspersum Ralfs.[1] Behandelt man diese Alge, von der ich reiches Material zu studieren Gelegenheit hatte, mit gelbem Blutlaugensalz und Salzsäure, so liefern die Zellen ein schönes Bild. Bei den meisten erscheint die Membran blau punktiert; es reagieren nämlich die zu Reihen angeordneten Warzen allein oder doch stärker als die dazwischen liegenden Membranpartien (Taf., Abb. 12). Verschiedene Zellen enthalten sehr ungleiche Mengen Eisen. Einzelne färben sich total tiefblau, andere hellblau, ein auffällig großer Teil überhaupt nicht. Auch an derselben Zelle sind die Hälften sehr oft ungleich stark gefärbt, die jüngeren schwächer als die älteren, oft ist die eine himmelblau, die andere zart punktiert auf farblosem Grund oder ganz farblos. — Zumal bei schwächerem Ausfall der Reaktion sieht man schon bei mäßiger Vergrößerung, daß die Warzen nicht gleichmäßig tingiert sind, sondern daß vornehmlich ein mittlerer Punkt jeder Warze tiefer blau erscheint.[2] Der Kontrast wird zumal deutlich, wenn man die Irisblende so weit öffnet, daß die Zellkonturen verschwimmen. Die Warzen sind zirka 4 μ breit, der blaue Punkt 1 bis $1^1/_2$ μ. Alle Warzen einer Halbzelle färben sich gleich stark.

Untersucht man bei starker homogener Immersion (Zeiß Apochr. 2 *mm*, Num. Ap. 1·30, Komp.-Ok. 8 und 12), so erkennt man in der Flächenansicht sehr deutlich die gut begrenzten runden Flecke; sie liegen einzeln oder zu zweit auf jeder Warze, im letzteren Fall meist nahe oder sich berührend, seltener etwas entfernt. Bei Einstellung einer Randpartie sieht man im optischen Querschnitt, daß ein gut konturierter zentraler Sektor der halbkugeligen Warzen das Eisen speichert; er beginnt an der Oberfläche, fast den ganzen Gipfelteil einnehmend, wird einwärts schmäler, reicht höchstens bis an die Basis der Warzen oder noch weniger tief und ist nach unten rundlich begrenzt. Der Seitenteil der Warzen bleibt ungefärbt, wie die übrige Zellwand. Auch dann, wenn durch die Reaktion die ganzen Zellen blau geworden sind, ist gleichwohl der zentrale Warzenteil entschieden stärker gefärbt und gegen die übrige, zarter blaue Membran gut abgegrenzt; bei mittlerer Vergrößerung verschwindet dieser Unterschied nur, weil die Schichtdicke des schwach eisenhaltigen Membranteiles größer ist. — Prüft man mit Chlorzinkjod auf Zellulose, so färbt sich, nach mehrstündiger Einwirkung, nur eine dünne Innenschicht der Membran, die unter den Warzen nicht oder wenig ausbiegt, violett. Die Zellmembran von *Cosmarium conspersum* besteht demnach — von den Poren und ihrer Füllmasse abgesehen — noch aus mindestens drei Elementen, einer dünnen, aus mehr-minder reiner Zellulose gebildeten Innenschicht und einer dickeren, nicht oder schwach auf Zellulose reagierenden Außenschicht, die weiter differenziert ist in eine schwächer eiseneinlagernde Grundmasse und in die zur Fe-Speicherung hervorragend befähigte Substanz

---

[1] Inklusive var. *latum* (Bréb.) West u. var. *rotundatum* Wittr.

[2] Die Punkte sind in Abb. 12a zu klein gezeichnet.

der Warzenpunkte. Erwähnung verdient noch, daß hier bei eisenreichen Zellen oft gerade die Region um den Isthmus eisenarm oder -frei bleibt. Mit Chlorzinkjod auf Zellulose geprüft, färbt sich der Isthmus meist intensiver violett; diese Färbung beschränkt sich auf die hier viel dickere Innenschicht der Membran, während sie in der dünnen Außenschicht ausbleibt. — Mit rotem Blutlaugensalz und Salzsäure bläuten sich die ganzen Zellen außer der Isthmusgegend relativ stark.

Cosmarium margaritiferum Menegh. Die Pflanze des Ramsauer Torfmoors steht innerhalb der formenreichen Spezies großenteils der f. *Kirchneri* Börg. nahe. Unterzieht man Algenwatten, welche die Art enthalten, der Blutlaugensalzprobe, so fallen schon bei der Durchsicht der Präparate leere Halbzellen der Art ins Auge, die zwei große, blaue Flecke tragen. Bei genauerem Zusehen erkennt man auch an vollen Individuen bei Betrachtung von der Flächenansicht ungefähr in der Mitte der Zellhälften einen runden bis ovalen Eisenfleck von etwa $18 \times 15\,\mu$ Größe (Taf., Abb. 11). Genau in der Mitte der eisenführenden Partie gewahrt man fast immer eine besonders dicke Warze von intensiv blauer Färbung. Sie ist umgeben von einem Kranz aus 6 bis 8 gewöhnlichen Wärzchen, welche ebenfalls reichlich Eisen führen; auch der dazwischenliegende Teil der Membran zeigt starke Reaktion. Die relativ großen Porenlöcher, die zwischen den Warzen liegen, erscheinen als weiße Punkte auf blauem Grund. Auf der übrigen Zelloberfläche sind nur die Warzen blau oder zartblau, sonst fehlt der Membran die Reaktion ganz. Hie und da findet sich noch ein blauer Ring um den Zellisthmus. — In der Scheitelansicht tritt die zentrale Warze als eine große, halbkugelige Beule von etwa $4\,\mu$ Breite und $2^1/_2\,\mu$ Höhe hervor. Sie zeichnet sich durch besonders starke Eisenreaktion aus; oft erscheint sie schwarzblau, der umgebende Bezirk blau, die kleinen Warzen der übrigen Zellfläche sind deutlich hellblau, die anderen Membranteile sowie das warzenfreie Scheitelfeld farblos. — Prüft man mit Chlorzinkjod auf Zellulose, so wird eine dünne Innenschicht der Zellmembran lila, sie wird von zahlreichen, unregelmäßig und dicht gestellten runden Poren durchbrochen, die sich, bei Immersionsvergrößerung betrachtet, als facetteartige weiße Zeichnung vom violetten Grund abheben. In der Scheitelansicht erkennt man, daß der Eisenfleck auf der Mitte der Halbzellen nicht in die Tiefe reicht, sondern daß sich zwischen ihm und der violetten Innenschicht die relativ dicke farblose Außenschicht der Membran verfolgen läßt.

Cosmarium margaritiferum zeigt also:

1. intensive Speicherung des Eisens in der halbkugeligen Zentralwarze der Halbzellen und einem umgebenden, gut umgrenzten Membranbezirk;

2. schwache oder mäßige lokale Eisentinktion aller Warzen;

3. außerdem manchmal, doch nicht immer, einen Eisengürtel um den Zellisthmus.

Hievon verdient die — uns hier zum erstenmal begegnende — lokale Einlagerung des Eisens auf einem zentralen Feld in der Mitte der Breitseiten der Halbzellen besondere Beachtung, denn sie wurde in ähnlicher, vergleichbarer Ausbildung weiterhin bei Arten von *Cosmarium* sowie in der Gattung *Xanthidium* noch so oft wiedergefunden, daß es sich wohl nicht um ein vereinzeltes oder zufälliges Vorkommnis handeln kann.

Die Warzen sind noch bei einigen anderen unter den lebend untersuchten Cosmarien mit skulpturierter Membran durch die Fähigkeit lokaler Eisenspeicherung ausgezeichnet, jedoch nicht bei allen.

Regelmäßig fand sich lokale Blaufärbung der spitzen, massiven Warzen bei *Cosmarium punctulatum* Bréb., die Fläche der übrigen Membran blieb viel zarter gefärbt oder ungefärbt. Eisenspeichernde Warzen weist ferner *Cosmarium ornatum* Ralfs. auf; schon durch die Häufung der Warzen auf der Mittelanschwellung der Halbzellen wird diese hier relativ eisenreich. Bei einer selteneren, leider nicht sicher bestimmten, warzigen Art, waren die Auftreibungen in der Mitte der Halbzellen auch durch stärkeren Eisengehalt ausgezeichnet.

Cosmarium tetrophthalum Bréb., *C. amoenum* Bréb., *C. pseudamoenum* Wille, *C. Portianum* Arch. führten kein Membraneisen.

Das kleine *Cosmarium Regnesii* Reinsch., welches in das Subgenus mit glatter Membran eingereiht zu werden pflegt, zeigt die seltene Eigentümlichkeit, daß die ganze Membran in gewissem Maß von Eisen tingiert ist. Die Warzen am Zellscheitel speichern außerdem noch reichlicher Eisen. Die Art bildet oft kurze Zellketten und zeigt sowohl darin als in der Art des Eisengehaltes mit gewissen Formen des fadenbildenden Genus *Sphaerozosma* Ähnlichkeit.

Die beobachteten Vorkommnisse des Eisens bei den skulpturierten Cosmarien erheischten besonderes Interesse. Sie ließen es wünschenswert erscheinen, die Untersuchung womöglich auf weitere Arten der durch so großen Reichtum ausgezeichneten Gattung auszudehnen.

Xanthidium: In dieser Gattung fanden sich die wohl schönsten Fälle lokaler Eisenspeicherung, die mir bisher überhaupt bekannt geworden sind.

Hat man auf *Xanthidium antilopaeum* (Bréb.) Kütz. gelbes Blutlaugensalz und Salzsäure einwirken lassen, so erscheinen die Zellen als ungemein zierliche blau-weiße Sterne. Die Hauptmasse der Membran bleibt farblos. Blau färben sich die Stacheln, ein flach vorspringender Bezirk über der Mitte der Halbzellen und ein relativ breiter Gürtel um den Isthmus.

Alle drei Stellen lokaler Inkrustation sind scharf begrenzt. Die zirka 16 bis 18 μ langen Stacheln sind nicht bis zum Grunde von Eisen tingiert, sondern nur im vorderen Teil, bis auf etwa zwei Drittel oder drei Viertel ihrer Länge. Das Fußstück ist ganz eisenfrei. Beide Teile sind durch eine scharfe Linie geschieden. Der verbreiterte Grund der Stacheln ist hohl, der ganze übrige Teil ist massiv. Die Inkrustation reicht nicht bis an die hohle Basis, sondern läßt auch noch den untersten massiven Teil der Stacheln frei. An jüngeren Stacheln erscheint mitunter nur ein kürzeres Stück an der Spitze eisenhaltig, mit dem Alter scheint die Inkrustation basalwärts fortzuschreiten. — Der Eisenhügel auf der Breitseite der Halbzellen entspricht der »Mittelanschwellung« oder dem »Zentraltumor« der Systematiker. Er führt reichlich Eisen, bisweilen vielleicht etwas weniger als die Stacheln. Der Zentraltumor ist in seiner Ausbildung sehr variabel (vgl. Lütkemüller, 1892, p. 547; West, Bd. IV, p. 49, 64 f.), er ist groß, stumpf kegelförmig und manchmal noch von einem Kreis halbkugeliger Wärzchen umsäumt oder, wie in dem auf unserer Tafel, Fig. 10 abgebildeten Exemplar, klein, kaum vorspringend und undeutlich; auf jeden Fall ist er aber durch seinen Eisengehalt vor der benachbarten Membran ausgezeichnet und gelangt nach Ausführung der Blutlaugensalzprobe naturgemäß noch viel klarer zur Wahrnehmung. Der Isthmusgürtel ist oft am zartesten gefärbt. Manchmal sind besonders die Grenzlinien gegen die farblosen Zellhälften als zwei gerade, feine Striche in zirka 5 μ Entfernung deutlich, während die dazwischen liegende Rinne bloß zart gebläut ist. Bisweilen ist aber das Isthmusband auch in seiner ganzen Fläche tief blau.

Hie und da findet man mangelhaft entwickelte Individuen dieser Art, welche statt der Stacheln niedere, oben runde Höcker aufweisen. An einer Zelle, an der die eine Zellhälfte normale, 16 μ lange Stacheln, die andere 5 μ hohe, rundliche Höcker trug, nahmen bemerkenswerterweise auch die letzteren durch die Eisenreaktion am Endteil blaue Farbe an.

Xanthidium cristatum Bréb. verhielt sich in den wesentlichen Punkten ganz ähnlich wie die vorige Art. Lokale Eisenreaktion erfolgte im Vorderteil der Stacheln, in den Mittelanschwellungen und am Isthmusgürtel.

Gelingt es, die Xanthidien in den Eisenpräparaten in der Scheitelansicht zu Gesicht zu bekommen, so erkennt man, daß unter dem erhabenen, tiefblauen Zentraltumor der Halbzellen eine relativ dicke farblose Zellwandschicht verläuft. Der eisenspeichernde Teil ist also auch hier durch eine eisenfreie Membranschicht vom Protoplasten getrennt.

Xanthidium armatum (Bréb.) Rabenh., dessen isolierte Stellung durch die Unterbringung in einem eigenen Subgenus, resp. Genus *Schizacanthum* ihren Ausdruck findet, ließ an zahlreichen Exemplaren kein Membraneisen nachweisen. In zwei Proben färbten sich aber an alten Membranen die Vorderteile der

an der Spitze drei- bis vierspaltigen Stacheln deutlich blau (Taf., Abb. 21), so daß auch dieser Art die Fähigkeit zu gelegentlicher lokaler Feststellung des Eisens zuerkannt werden muß.

Arthrodesmus. Hier erwies sich die verbreitete Art *Arthrodesmus convergens* Ehrenb. als Eisenorganismus (Taf., Abb. 8). Positive, lokale Reaktion geben die Stacheln, an denen sich auch hier etwa die vorderen zwei Drittel oder die vordere Hälfte blau färben, und eine Binde um die eingeschnürte Mitte der Zellen; die Binde wird entweder blau in der ganzen Fläche oder es erscheint eine blaue, scharfe Doppellinie mit hellblauem Zwischenfeld. Die Art der lokalen Eiseneinlagerung ist somit ähnlich wie bei den Xanthidien, nur die Inkrustation der hier auch morphologisch nicht ausgezeichneten Mittelfelder der Halbzellen fehlt.

Einige kleine Arthrodesmen, die ich lebend prüfte, sind eisenfrei, so *Arthrodesmus Incus* (Bréb.) Hass. und *A. bifidus* Bréb. Die Zellen der erstgenannten, in meinem Gebiet sehr häufigen Art tragen große Stacheln. Die Desmidiaceenstacheln müssen also durchaus nicht überall Eisen enthalten.

In der durch schier unübersehbare Mannigfaltigkeit der Zellformen ausgezeichneten Gattung *Staurastrum* fand sich Membraneisen bei einigen der in frischem Zustand untersuchten Arten. Die Mehrzahl, zumal auch die kleinen, gelegentlich planktontisch lebenden Formen, wie *Staurastrum tetracerum* Ralfs., zeigten sich eisenfrei.

Ein Musterbeispiel lokaler Eiseneinlagerung bieten die Zellen von *Staurastrum teliferum* Ralfs. (Taf., Abb. 18). Die Zellen sind mit zahlreichen, schlanken, etwa 6 μ langen Stacheln besetzt und diese sind konstant im oberen Teil eisenführend, während der Fußteil, gleich der übrigen Zelloberfläche, frei bleibt. Die Grenzlinie der Inkrustation ist immer ganz scharf. Sie liegt bei erwachsenen Halbzellen $3^1/_2$ bis 4 μ unter der Spitze, etwa in zwei Drittel bis drei Viertel der Stachellänge. Bei jungen Halbzellen sind die Stacheln oft nur an der Spitze tingiert oder selbst ganz eisenfrei. Noch deutlicher als bei den Xanthidien läßt sich hier beobachten, daß die Inkrustation der Stacheln von der Spitze aus beginnt und mit dem Alter basalwärts bis zu gewisser Tiefe fortschreitet.

Die größeren Auswüchse und Fortsätze, womit die Zellen vieler *Staurastrum*-Arten bewehrt sind, ergaben, soweit meine Beobachtung reicht, meist negative Reaktion, ihre Grundmembran entbehrt der Fähigkeit, Eisen anzureichern.

Bei dem zierlichen *Staurastrum furcatum* (Ehrenb.) Bréb. bleiben die Zellfortsätze von Eisen frei, die kleinen, an deren Enden sitzenden Dornen von zirka 2·5 μ Länge aber färben sich durch die Reaktion stets blau, sind somit in markanter Weise durch die Fähigkeit lokaler Eisenspeicherung ausgezeichnet. Die Art der Einlagerung ist mit der früher für *Micrasterias* beschriebenen, auf die kleinen Randzähnchen beschränkten, vergleichbar.

Ähnliche, doch, wie es scheint, schwache Lokalreaktion geben die Eckstacheln der Halbzellen von *Staurastrum dejectum* Bréb. Die langen Stacheln der Zellecken des häufigen *Staurastrum cuspidatum* Bréb. reagieren hingegen negativ und vermehren die Zahl der Beispiele eisenfreier Stacheln.

Eisentinktion der ganzen Membran scheint in der Gattung selten zu sein. Ich finde in älteren Aufzeichnungen gleichmäßige, zart bläulichgrüne Reaktion der Membran bloß zweimal für Zellen von *Staurastrum polymorphum* Bréb. notiert, einer Art, die gewöhnlich eisenfrei zu bleiben scheint. Als ich später aber günstiges Material bei starker Immersionsvergrößerung untersuchte, zeigte sich, daß bei manchen Zellen die winzigen Wärzchen der Membran und der Fortsätze streng lokale, blaue Eisenreaktion aufweisen, während die Grundfläche dazwischen ganz ungefärbt war.

Die fadenbildenden Desmidiaceen des *Cosmarium*-Typus, deren Scheidung von den einzellig lebenden und Einreihung in eine eigene Gattungsgruppe ja übrigens dem natürlichen Verwandtschaftsverhältnis nicht entspricht, bieten in bezug auf Membraneisen nicht viel des Bemerkenswerten. Die Zellwand der häufigen Arten, *Desmidium Swartzii* Ag.,[1] *Hyalotheca dissiliens* (Smith) Bréb., *H. mucosa* (Mert.) Ehrenb., *Gymnozyga moniliformis* Ehrenb. bleibt eisenfrei; nur ausnahmsweise scheinen bei der letzteren ganz alte Membranstücke manchmal Eisen einzulagern. Die linsenförmigen Zwischenräume der Zellen ließen hie und da bei *Desmidium Swartzii* schwache, bläulichgrüne, vorläufig nicht klar zu deutende Reaktion wahrnehmen, in noch geringerem Grad auch bei *Gymnozyga moniliformis,* während die Membranen selbst wie gewöhnlich farblos blieben.

Ein interessanter Eisenorganismus ist bloß ein kleines *Sphaerozosma* mit etwa $10^1/_2 \times 9\,\mu$ großen Zellen, das wohl zu *Sph. excavatum* Ralfs[2] gehört. Hier erschienen bei manchen Materialien

---

[1] Bei *Desmidium Swartzii* fällt auf und könnte zu Täuschungen Anlaß geben, daß mitunter die geschrumpften Zellinhalte toter Zellen intensiv auf Eisen reagieren. Sind in einem Faden vor der Einwirkung der Reagentien die meisten Zellen lebend gewesen, einzelne dazwischen aber tot, so reagieren nur die Protoplaste dieser letzteren stark positiv. — Man könnte an zweierlei denken. Entweder daran, daß das im lebenden Protoplasten in maskiertem Zustand enthaltene Eisen gewisse Zeit nach dem Tode zu anorganischer Bindung abgebaut worden und durch die Blutlaugensalzprobe nachweisbar geworden ist; — oder aber daran, daß der tote Protoplast eine erhöhte Anziehungskraft für Eisenverbindungen aus dem umgebenden Wasser ausübt und dieselben speichert. Vermutlich dürfte die zweite Annahme zutreffen.

Molisch's (1925, p. 156 f.) Beobachtungen in Japan haben gezeigt, welch bedeutende Rolle postmortale Fällungen des Eisens durch gerbstoffhaltige Pflanzenteile in der Natur spielen. Um einen Fall postmortaler Eisenspeicherung handelt es sich wahrscheinlich auch bei *D. Swartzii*; die Art scheint zu solcher besser als die übrigen Familiengenossen befähigt.

[2] Die Bestimmung verdanke ich Herrn Medizinalrat Dr. S. Stockmayer. Die Ramsauer Pflanze stimmt mit *Sph. excavatum* Ralfs nicht ganz überein und wird vielleicht am besten als eigene Form zu beschreiben sein.

durch die Eisenprobe je zwei Punkte zwischen benachbarten Zellen in blauer Farbe. Sie entsprechen wohl den bekannten, zur Gattungscharaktristik benutzten Verbindungswärzchen der Zellen, die somit durch lokale Eisenanreicherung ausgezeichnet wären. — Ältere Zellhälften speichern zudem in ihrer ganzen Fläche Eisen. Am selben Faden werden gewöhnlich die Halbzellen je nach ihrem Alter teils deutlich blau, teils zartblau, teils bleiben sie farblos und es läßt sich aus dem Ausfall und der Intensität der Eisenreaktion in hübscher Weise die Folge der Zellteilung entnehmen. Oft beobachtete ich Fäden, an denen je ein Paar aneinandergrenzender Halbzellen, welche Nachbarzellen angehörten, von Eisen gefärbt, mehrere dazwischenliegende Halbzellen, respektive Zellen eisenfrei waren; Zählungen zeigten, daß jede 1., 8., 9., 16., 17. Halbzelle Eisen führte, mit anderen Worten jede $8n$-te und $(8n+1)$te Halbzelle; es läßt sich daraus der Schluß ziehen, daß die Inkrustation erst mit gewissem Alter eintritt und daß in diesem Falle die Schalstücke, welche den zwei letzten Zellteilungen ihre Entstehung verdanken, nachweisbarer Eisenmengen noch entbehren, während die älteren, wenigstens drei Teilungsgenerationen alten Halbzellen bereits mit Membraneisen ausgestattet sind. Bisweilen ist in der 4., 5., 12., 13. Halbzelle die beginnende Einlagerung durch zartblaue Reaktion angedeutet.

Alle bisher beschriebenen Vorkommnisse von Membraneisen betrafen Formen, welche dem Tribus der *Cosmarieae* angehören; der Umstand, daß die Fähigkeit dieser Formen zur Eisenanreicherung so lange unbekannt geblieben war, sowie zumal die eigenartige, lokale Bevorzugung gewisser, oft kleiner Anteile der Membran, machte eine genauere Schilderung der Verhältnisse notwendig. Die verbleibenden Tribus der *Closterieae* und *Penieae* können kürzer behandelt werden.

Es ist bekannt, daß in der Gattung *Closterium* die Zellmembran bei einem Teil der Arten farblos, bei einem anderen Teil gelb, bräunlich, ja sogar dunkelrostbraun ist und daß die Färbung durch Einlagerung von Eisenoxydhydrat in die Zellwand, zumal in deren äußere Schicht, verursacht wird. In den alpinen Mooren, denen mein lebendes Material entstammte, führen die meisten Arten Eisen und sie sind damit oft reichlich inkrustiert. Der Eisengehalt nimmt, wie bekannt, mit dem Alter der Membranstücke zu. Auch bei zu reichlicher Eisenspeicherung befähigten Arten sind neugebildete Membranstücke zunächst farblos. Sie werden dann gelblich und später immer dunkler braun. Dem Ton der Färbung entspricht der Grad der Eisenreaktion. An derselben Zelle werden Membranstücke ungleichen Alters, die sich schon im Leben durch die Tiefe der Braunfärbung unterschieden, durch die Blutlaugensalzprobe

sehr ungleich stark blau gefärbt. Die einzelnen Stücke zeigen aber in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäßige Intensität der Reaktion und keine den beschriebenen lokalen Einlagerungen der *Cosmarieae* entsprechenden Ungleichheiten der Verteilung; man kann daher aus dem Ausmaße der Reaktion auf das relative Alter der Membranstücke schließen.

Als auffällig sind in dieser Hinsicht jedoch zwei Punkte hervorzuheben. Erstens, daß die als »Querbinden« bezeichneten, schmalen, ringförmigen Membransegmente der Zellmitte oft vor den Nachbarstücken durch stärkeren Eisengehalt ausgezeichnet sind, als ihrem Alter entspricht; diese Tatsache wird schon von Lütkemüller (1902, p. 373) erwähnt und ich konnte sie zu wiederholten Malen bestätigen. Zweitens, daß bei *Closterium didymotocum* Corda, einer Art mit stumpfen Zellenden, diese letzteren mit dunkelbraunen Kappen besetzt erscheinen, die ihre intensivere Färbung, wie die Blutlaugensalzreaktion lehrt, ihrem reicheren Gehalt an Eisen verdanken. Die stärkere Bräunung der Endkappen wird schon bei Klebs (1886, p. 385) erwähnt, die Kappen selbst in der systematischen Literatur beschrieben; ihr Aussehen geht z. B. aus West's Abbildungen (Bd. I, Taf. XII, Fig. 1 bis 5) hervor.

Während, wie gesagt, die meisten Closterien meines Gebietes Membraneisen enthalten, zeigte sich *Closterium acutum* Bréb., eine zarte Art, deren Zellwand als farblos charakterisiert wird, konstant eisenfrei, so auch in eisenreichen Gewässern.

Closterium gracile Bréb. gab hingegen ausnahmslos positive Reaktion. West (Bd. I, p. 167) gibt auch für diese Art als Regel farblose Membran an. Lütkemüller (1902, p. 372) fand die Membran häufiger hellbraun als farblos. Ich sammelte zum Teil Proben mit deutlich bräunlichen Exemplaren, welche intensive Fe-Reaktion gaben; zum größeren Teil wiesen die zarten Membranen keine Bräunung, sondern höchstens schwachgraue Tinktion auf, trotzdem wurden sie durch die Berlinerblauprobe stets wenigstens zartblau oder himmelblau gefärbt. *Cl. gracile* muß zumindest für mein Gebiet den konstanten Eisenspeichern zugezählt werden.

Es ist daraus zu entnehmen, daß in der Gattung *Closterium* Arten, deren Membranen farblos aussehen, doch nicht ohne ausdrückliche Prüfung als eisenfrei gelten dürfen. Das Vorhandensein oder Fehlen einer sichtbaren Bräunung der Membran läßt kein Urteil über die Eisenhaltigkeit zu und nur der Ausfall der Reaktion kann entscheiden.

In Verbänden, wo *Closterium acutum* und *Cl. gracile* die häufigsten Arten waren, gab ersteres negative, letzteres positive Reaktion.

»Daß die Fähigkeit mancher Algen, auf oder in der Membran Eisen anzuhäufen, mit der Natur derselben zusammenhängt«, hat

Molisch (1892, p. 15) gezeigt. »Es geht dies schlagend aus der Tatsache hervor, daß verschiedene Algen, die man aus ein und demselben Tümpel oder Kulturgefäß herausfischt, sich bezüglich des Eisens, obwohl unter denselben Kulturbedingungen stehend, ganz verschieden verhalten. Ich habe oft *Oedogonium* und *Spirogyra* in demselben Tropfen nebeneinander beobachtet und die erstere, namentlich von einem gewissen Alter an, gewöhnlich mit Eisen reichlich inkrustiert gefunden, die letztere dagegen auch nicht spurenweise.«

Was dort für Algen entfernter systematischer Stellung gezeigt wird, gilt wohl auch für verschiedene Arten derselben Gattung *Closterium*.

Als ein zweites drastisches Beispiel hiefür kann *Closterium Lunula* Nitsch. aufgeführt werden, eine der großen Arten mit farbloser Membran. Die Spezies zeigte sich frei von Membraneisen. Ihre mangelnde Befähigung zur Eiseneinlagerung fällt zumal dann auf, wenn sie in natürlichen Verbänden mit anderen, eisenführenden Closterien auftritt.

Ich will mir nicht versagen, ein konkretes Beispiel wiederzugeben: In einer kleinen Lache nahe dem Giglachsee in den Niederen Tauern bei zirka 2100 *m* Seehöhe fand sich auf eisenreichem, lockerem Schlamm eine reichliche Algenvegetation entwickelt, die sich als bloß aus sieben großen Desmidiaceenarten zusammengesetzt erwies. Drei Präparate enthielten in je einem Gesichtsfeld:

Closterium Lunula	6	9	4
Closterium rostratum	38	35	26
Euastrum ansatum		—	3
Euastrum verrucosum	14	8	19
Euastrum oblongum	13	11	23.

Die Arten stehen unter ganz gleichen äußeren Bedingungen und scheinen doch ökologisch derselben »Lebensform« anzugehören. Trotzdem speichert *Closterium rostratum* intensiv Eisen, *Cl. Lunula* nicht im mindesten. (Ebenso reagiert *Euastrum verrucosum* mäßig stark positiv. *E. oblongum* und *E. ansatum* negativ.)

Das beweist wohl, daß auch innerhalb der Gattung die Fähigkeit zur Eiseneinlagerung in allererster Linie von der Natur der Spezies abhängt. —

Vom Genus *Penium* soll im folgenden Abschnitt noch des näheren die Rede sein. Ich fand von den Arten der Gattung in ihrem älteren, weiteren Umfang, wie West in Bd. I seiner Monographie (1904) ihn noch annimmt, mehrere eisenfrei (vgl. aber p. 146). Hier ist von meinen Lebendbeobachtungen nur hervorzuheben, daß *Penium navicula* Bréb. regelmäßig positiv reagierte. Die ganze Membran führt Eisen. Die Bläuung ist schwach oder mittelstark, selten stark, gewöhnlich verschieden intensiv in den zwei Zellhälften. An den Zellenden fallen kurze, dunkler blau gefärbte Kappen von etwa 3 μ Breite auf, die durch eine scharfe

Linie gegen die übrige, gleich alte, heller blaue Membran der Halbzelle begrenzt sind. (Taf., Abb. 2.) Sie entsprechen völlig den erwähnten dunkleren Endkappen gewisser *Closterium*-Arten.

Jene Conjugaten mit einfacher, ungeschichteter und nicht segmentierter Zellwand, welche entweder als eigene Familie der »*Mesotaeniaceae*« von den Desmidiaceen ganz abgegliedert oder als Unterfamilie der »saccodermen« den übrigen »placodermen« Desmidiaceen gegenübergestellt werden, erwiesen sich, wie wohl zu erwarten, bei der Prüfung als durchwegs frei von Membraneisen; ich unterzog lebend der Reaktion *Cylindrocystris Brebissonii* Menegh., *Cyl. crassa* DeBary, *Mesotaenium* sp., *Spirotaenia condensata* Bréb., *Spirotaenia minuta* Thur., *Spirotaenia* sp. Des Eisens entbehrten auch die in zahlreichen Exemplaren geprüften Vertreter der Gattung *Netrium*, die von Lütkemüller auf Grund ihres Membranbaues von *Penium* getrennt und den Saccodermen zugewiesen wurden. Die Gattungen *Gonatozygon* und *Genicularia*, bei denen allein eine differenzierte Außenschicht der Zellwand ausgebildet ist, bleiben zu untersuchen.

Am Schlusse der Schilderung meiner am lebenden Material gesammelten Erfahrungen über Eiseneinlagerung bleibt endlich noch auf das Verhalten der Gallerthüllen der Desmidiaceenzelle (vgl. Oltmanns 1922, p. 111) kurz hinzuweisen. Sie sind bekanntlich bei vielen Arten schon ohne Präparierung gut wahrnehmbar und lassen sich immer leicht durch Ausfärben mit verschiedenen Farbstoffen sichtbar machen. Die Hüllgallerte zeigte niemals auch nur den mindesten Eisengehalt. Es verdient dies besondere Hervorhebung, denn das mangelnde Anziehungsvermögen für Eisen, auf welches übrigens bezüglich der Bewegungsgallerte von *Closterium* schon Klebs (1886. p. 384) hingewiesen hat, ist ein spezielles Merkmal der Desmidiaceengallerte. — Die geschichteten Gallerthüllen von *Asterococcus superbus* (Cienk.) Scherffel, einer Grünalge aus der Gruppe der *Tetrasporales*, die an mehreren Plätzen des Ramsauer Torfmoores häufig ist und sich in meinen Eisenpräparaten oft fand, speichern reichlich Eisen; die Hüllen werden durch die Reaktion zart- bis himmelblau; die Zellwände selbst bleiben, umgekehrt wie bei den Desmidiaceen, farblos.

Meine Beobachtungen stehen im Einklang mit den Erfahrungen Naumann's (1921, p. 34, 69, vgl. auch 1925, p. 9, 19), der betont, daß die Gallertbildungen der Algen sich hinsichlich der Fähigkeit zur Eisenanreicherung nicht gleichartig verhalten, »vielmehr in einen siderophilen und in einen siderophoben Typus eingeteilt werden können« (p. 59) und daß (p. 34) die Gallerte der Desmidieen durch eine sehr ausgeprägte Siderophobie charakterisiert zu sein scheint.

Die Porenorgane der Desmidiaceen, die von Hauptfleisch (1888), Lütkemüller (1902), Schröder (1902) eingehend studiert

worden sind, scheinen, soweit meine Kenntnis reicht, gleichfalls stets von Eisen frei zu bleiben.

III. Beobachtungen an Herbarmaterial.

Um den Erfahrungen über Vorkommen und Verbreitung des Membraneisens in der Familie der Desmidiaceen eine breitere Grundlage zu geben und allgemeinere Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, schien es vor allem geboten, die Untersuchungen auf zahlreichere Arten, als mir im frischen Zustande zu Gebote standen, auszudehnen. Dazu ergab sich willkommene Gelegenheit, als sich zeigte, daß aufgeweichte Exsikkaten den mikrochemischen Eisennachweis noch gut zulassen, ja in sehr vielen Fällen nicht minder klare und scharf lokalisierte Bilder ergeben, als lebend untersuchte Materialien.

Für meine Studien standen mir die reichen Sammlungen des Wiener Naturhistorischen Museums zur Verfügung. Den Direktoren der Botanischen Abteilung, Herrn Hofrat Dr. A. Zahlbruckner und Herrn Hofrat Dr. K. Keißler für die Erlaubnis zur Benutzung der wertvollen Sammlungen, sowie für vielfaches, liebenswürdiges Entgegenkommen den besten Dank auszusprechen, ist mir eine angenehme Pflicht.

Dadurch, daß verschiedenen Gebieten und Erdteilen entstammendes Material zur Untersuchung herangezogen wurde, ließ sich insbesondere auch der Möglichkeit begegnen, die beobachteten Vorkommnisse des Eisens könnten bloße Eigentümlichkeiten eines beschränkten Verbreitungsgebietes oder Standortes darstellen.

Das meiste Material für meine Beobachtungen lieferte das prächtige Exsikkatenwerk von Wittrock und Nordstedt, worin Algen skandinavischer Herkunft am reichsten vertreten sind, und Rabenhorst's klassische Sammlung; in zweiter Linie kam die Phykotheca Boreali-Americana von Collins, Holden und Setchell und die Phykotheka universalis von Hauck und Richter zur Verwendung, zudem noch verschiedene Einzelherbarexemplare; Algen aus Exsikkatenwerken bieten vor letzteren den Vorzug, daß sie für Nachuntersuchungen allgemeiner zugänglich sind. — Aufschwemmungen auf Glimmer oder Glas sind zur Prüfung günstiger als solche auf Papier. Die Algen müssen gut aufweichen, ehe man die Reagentien einwirken läßt. Ich brachte auf die Glimmerplättchen kleine Tröpfchen dest. H_2O, die eventuell erneuert wurden, ehe sie eintrockneten, und übertrug nach etwa einstündigem Aufweichen kleine Proben der Algenmasse unter sorgsamer Schonung des Materials mit Hilfe eines blanken Spatels auf den Objektträger. Die weitere Behandlung mit $2^1/_2$ bis $3\,^0/_0$ gelbem Blutlaugensalz und $5\,^0/_0$ Salzsäure war die gleiche wie bei der Lebenduntersuchung. Zur Verteilung und Übertragung dienten Glasnadeln.

Die große Mehrzahl der Exsikkaten gab klare Resultate. Hohes Alter beeinträchtigt die Verwendbarkeit nicht. So gab eine Originalprobe von *Xanthidium Brebissonii* Ralfs, 1842 von Brébisson gesammelt und später von Rabenhorst ausgegeben, die lokale Eisenreaktion der Stacheln, der Mittelanschwellung und des Isthmusbandes ebenso prächtig wie frisches Material vom *Xanthidium antilopaeum*. — Einzelne Materialien lieferten unklare Bilder, z. B. schwach bläuliche Färbung der ganzen Membranen bei normalerweise eisenfreien Arten. Dies hängt vielleicht damit zusammen, daß hier das Material vorerst in ungünstiger Weise fixiert worden war.

Da in den Algenaufschwemmungen meistens ein Gemisch aus zahlreichen Arten vorliegt, findet man gewöhnlich nach Ausführung der Reaktion einerseits, nebst eisenreichen Schlammpartikelchen, intensiv blaue *Closterium*-Zellhäute, anderseits in klarer Weise negativ reagierende Objekte und deren Kontrast gibt die beste Handhabe für die Eignung des Materials und die Zuverlässigkeit der Reaktion. — Daß die Exsikkaten gleichwohl oft lebendes Material nicht voll zu ersetzen vermögen, liegt auf der Hand; zumal wird man beim Eintritt zart bläulichgrüner Membranfärbungen mit der Deutung zurückhaltend sein.

Es ist natürlich, daß die Algen, deren Eisengehalt ich beurteilte, stets nachbestimmt, respektive in der Originalliteratur, die mir größtenteils zur Einsicht auflag, nachgesehen wurde.

Ich fasse die Ergebnisse meiner Untersuchungen in der folgenden tabellarischen Übersicht zusammen, in die freilich nicht alle Einzelbeobachtungen Aufnahme finden konnten.

In der Tabelle sind auch meine Beobachtungen an lebendem Material vermerkt.[1] In der Reihung der Arten und mit wenig Ausnahmen in der Nomenklatur folge ich West's Handbuch. Bei Exsikkaten ist die Herkunft,[2] die Nummer und die gekürzte Fundortsangabe angeführt.

Das Zeichen + bedeutet positiven, — negativen Ausfall der Eisenreaktion mit gelbem Blautlaugensalz und Salzsäure, + loc. lokale Blaufärbung der Zellmenbranen. Die Eisenformen (außer der Gattung Closterien) sind durch Fettdruck hervorgehoben.

Die *Mesotaeniaceae* sind in der Tabelle nicht einzeln aufgezählt, da sie Membraneisen nie nachweisen ließen. Nur die Gattung *Netrium*, die nach dem Membranbau zwar zu Lütkemüller's (1902, p. 395) Saccodermen gehört, von einigen die heutige Familienscheidung in *Mesotaeniaceae* und *Desmidiaceae* befolgenden Autoren aber zu den *Desmidiaceae* gestellt wird, ist mit aufgenommen; sie wurde vollständig geprüft und gab durchwegs negative Reaktion.

Penium. Lütkemüller hat nachgewiesen, daß die in dieser Gattung im älteren, Brébisson'schen Sinn vereinigten Arten nach dem Bau der Zellwand und der Zellteilungsweise in verschiedene Tribus eingereiht werden müssen. Die nach Abtrennung der Gattung *Netrium* verbleibenden. »placodermen« Formen der Gattung, die West 1904 noch bei *Penium* beläßt, und die in unserer Tabelle unter den älteren Namen angeführt sind, verteilen sich nach Lütkemüller (1905) auf die drei Tribus der *Penieae* (Gattung *Penium sensu restricto*), die *Closterieae* (Gattung *Closterium*) und *Cosmarieae* (Gattung *Cosmarium*).

Eiseneinlagerung in den Membranen wurde, wie eingangs schon erwähnt, von Lütkemüller (1902) bereits bei drei *Penium*-Arten beobachtet, bei *P. cylindrus* (Ehrenb.) Bréb., *P. margaritaceum*

(Fortsetzung des Textes auf S. 146.)

[1] Die Größenmaße der von mir bestimmten Arten und die Zitate der verglichenen Abbildungen blieben im Interesse der Kürze weg.

[2] Das vorangesetzte Wörtchen in (z. B. in W.-N. 1126) bedeutet, daß die Beobachtung sich auf andere als die auf der Etikette namhaft gemachten, beigemengten und von mir bestimmten Arten bezieht.

Eisengehalt der Desmidiaceenmembran.

Abkürzungen: RT = Ramsauer Torfmoor, RMK = Ramsau, Moor beim Karlwirt (vgl. p. 4, Fußnote);
s. hfg. = sehr häufig, hfg. = häufig, n. slt. = nicht selten, spärl. = spärlich, selt. = selten.

Exsikkatenwerke: W.-N. = Wittrock et Nordstedt, Algae aquae dulcis exsiccatae, praecipue Scandinavicae, etc. Upsala, Lund et Stockholm 1877—1903.

Rabh. = Rabenhorst, Algen Europas.

Phyk. un. = Hauck et Richter, Phykotheka universalis etc.

Phyc. B. A. = Phycotheca Boreali-Americana, ed. Collins, Holden and Setchell.

D = Deutschland (S = Sachsen, Schl = Schlesien), Sch = Schweden, Norw = Norwegen, Frankr = Frankreich, Mass = Massachusetts, U. S. A., Cal = Californien, Bras = Brasilien.

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisenreaktion	Herkunft	Eisenreaktion	
Netrium Digitus (Ehrenb.) Itzs. und Rothe	RT, hfg.	— !	Zahlreiche Proben	—	
Netrium lamellosum (Bréb.) Lütk.	RT	—	W.-N. 992, Lassby b. Upsala, Sch, und andere Proben	— !	
Netrium Nägelii (Bréb). Lütk.			W.-N. 1588, Fjellnäs. Sch	—	
Netrium oblongum (De Bary) Lütk.	RT, n. slt.	—	W.-N. 991, Erlenbrück im Schwarzwald, D	— !	

Netrium interruptum (Bréb.) Lütk.	RT, spärl.	— !			
Penium Libellula (Focke) Nordst. (= *P. closteroides* Ralfs. = *Closterium Libellula* Focke)			W.-N. 264, Lassby b. Upsala. Sch	—	
			leg. Bulnheim b. Wurzen, D	+ loc.	Membran sehr zart blau bis farblos, 1—5 schmale Binden nahe der Zellmitte tiefblau, vgl. p. 44 **(Taf., Abb. 1)**
id., var. *intermedium* Roy u. Biss.			leg. Borge, Väddö. Sch	—	
Penium navicula Bréb. (= *Closterium navicula* Lütk.)	RT, RMK, n. slt.	+	W.-N. 1149, b. Marstrand, u. andere Proben	+	Reaktion mittelstark bis schwach, Zellhälften oft ungleich stark gefärbt, Zellenden mit zirka 3 μ breiten, dunkler blauen Kappen **(Taf., Abb. 2)**
Penium Mooreanum Arch.			W.-N. 1397, b. Heidelberg, D	—	
Penium minutissimum (Ehrenb.) Bréb.			W.-N. 987, Liabäck, Sch	+	Reaktion stark, gleichmäßig
			In W.-N. 561, Fiskebäckskill, Sch	+	
Penium margaritaceum (Ehrenb.) Bréb.			W.-N. 847, Loch Inver, Schottl.	+	Membran zart + bis —
			Rabh. 1225, Neukirch b. Chemnitz, S	—	
~~**Penium Cylindrus**~~ (Ehrenb.) Bréb.			W.-N. ~~1587,~~ b. Fjellnäs, Sch	+	
Penium spirostriolatum Bark.			W.-N. 574, Tröfta, Sch	+	Membran zart blau
Penium polymorphum Perty	RT, RMK	—	W.-N. 1589, Fjellnäs, Sch	—	
			W.-N. 1398, b. Tromsö, Norw	—	

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisenreaktion	Herkunft	Eisenreaktion	
Penium cucurbitinum Biss.	RT, selt.	—			
Penium curtum Bréb.	R, Kalkhöhle	—			
Penium rufescens Cleve			W.-N. 1149,	+	Zellhälften ungleich stark eisenhaltig
Penium minutum (Ralfs) Cleve	RT, s. hfg.	— !	zahlreiche Proben	— !	
Closterium Cynthia De Not.			W.-N. 843, b. Lilleröd, Dänem.	+	Zellmembranen himmelblau
Closterium didymotocum Corda	RT, n. slt.	+	Zahlreiche Proben	+	Membranen tiefblau, Endkappen noch dunkler, vgl. p. 15
Closterium macilentum Bréb.			Rabh. 1958, b. Gräulich, D	+	
Closterium angustatum Kütz.	RT, n. slt.	+	Verschiedene Proben	+	
Closterium costatum Corda			Rabh. 1069, Leulitz b. Wurzen, D	+	
Closterium striolatum Ehrenb.	RT, hfg.	+	Zahlreiche Proben	+	
Closterium intermedium Ralfs.	RT, n. slt.	+	Verschiedene	+	
Closterium Ulna Focke				+	
Closterium juncidum	RT, n. slt.	+	»	+	
Closterium Dianae Ehrenb.	RT, RMK, s. hfg.	+	Zahlreiche	+	

Closterium parvulum Näg.	RT, n. slt.	+			
Closterium Leibleinii Kütz. *(forma!)*	RT, spärl.	+			
Closterium acerosum (Schrank) Ehrenb.			W.-N. 478, Strinz b. Leipzig u. and. Proben	+	
Closterium Lunula (Müll.) Nitsch.	b. Giglachsee	— !	Rabh. 1767, Dresdner Heide, D	— !	
			Phyk. un., b. Oschatz, S	—	
			W.-N. 1492, b. Kaiserlautern, D	— !	Sehr eisenreiche Probe mit anderen, tiefblauen Closterien
			W.-N. 86, Kynnefjäll, Sch	— !	
			W.-N. 838, b. Ballater, Schottl.	—	
			Phyc. B. A. 1116, Lake Chabot, Cal	—	Einige Zellen vielleicht schwach +
			Phyk. un. 583, Bahren b. Golzern, S	—	
			In Rabh. 1407, Gaußig, Oberlausitz, D	— !	
Closterium abruptum West	RT, selt.	+			
Closterium gracile Bréb.	RT, RMK, s. hfg.	+	W.-N. 1491, b. Kaiserlautern, D	+	
Closterium attenuatum Ehrenb.			W.-N. 992, Lassby, Sch	+	
Closterium Ptichardianum Arch.			W.-N. 179, Åbo i. Sandö, Finnland	{ + / —	Mehrzahl —, doch etliche Zellen und Halbzellen stark +
Closterium acutum (Lyngb.) Bréb.	RT, hfg.	— !			
id., var. *Linea* (Perty) West		— !			

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisen-reaktion	Herkunft	Eisen-reaktion	
Closterium lineatum Ehrenb.	RT, n. slt.	+	Verschiedene Proben	+	
Closterium rostratu Ehrenb.	RT, hfg.	+		+	
Cosmarieae					
Docidium nobile (Richt.) Lund.			Rabh. 1846, Lausigk b. Leipzig, D	— !	
Pleurotaenium coronatum (Bréb.) Rabenh.			In W.-N. 826, b. Upsala, Sch	+ loc.	Ringleiste um den Isthmus tiefblau, die ganze übrigé Membrane farblos
			(leg. Schliephake), Chrzanow, Galizien	+ loc.	
			Phyc. B. A. 1811, Eastham, Mass	+ loc.	
			In versch. anderen Proben	+ loc.	
Pleurotaenium nodulosum (Bréb.) De Bary (= *Pl. coronatum*, var. *nodulosum* (Bréb.) West)	RT, hfg.	+ **loc.**			Desgl., siehe p. 46 **(Taf., Abb. 3)**
			W.-N. 83, b. Sandhem, Sch	+ loc.	
			Phyk. un. 44, Kreis Grünberg, Schl	+ loc.	
			Verschiedene andere Proben	+ loc.	

Pleurotaenium truncatum (Bréb.) Näg.	RT, spärl.	+ **loc.**	W.-N. 983, Malma b. Upsala, Sch	+ lc	Desgl., Eisengürtel breit **(Taf., Abb. 4)**
id., f. gracilior			W.-N. 476, Eschdorf b. Dresden, S	+ loc.	Desgl.
Pleurotaenium ovatum Nordst.			W.-N. 379, Legcado, Bras	+ loc.	
id., f. glabrum Cohn			W.-N. 559, am Gir, Bongo, Zentralafrika	+ loc.	Desgl., Eisengürtel etwas wellig
Pleurotaenium indicum (Grun.) Lund.			W.-N. 260, am Berg Mauna Kea, Sandwich-Inseln	+ loc.	Desgl.
Pleurotaenium Ehrenbergii (Bréb.) De Bary			In W.-N. 1492, Kaiserlautern, D	+ loc.	Desgl., manchmal auch übrige Membran hellblau, siehe p. 46
			In Rabh. 1407, Gaußig, Oberlausitz, D	+ loc.	
Pleurotaenium trabecula (Ehrenb.) Näg.			W.-N. 1479 u. 1488, b. Fjellnäs, Sch	—	Die zarte Linie, die die Zellhälften teilt, wird nicht blau
Pleurotaenium rectum Delp. (= *Pl. trabecula*, var. *rectum* (Delp.) West	RT, hfg.	—	Phyk. un. 583, Bahren b. Golzern, S	—	
Pleurotaenium rectum Delp., **f. minor** (Wille) Nordst.			W.-N. 1487, Deception Bay, Australien	+ loc.	Isthmus mit zarter blauer Leiste
Pleurotaenium sp.			In W.-N. 551, Otaria, Bras	+ loc.	
Pleurotaenium elephantinum Cohn			W.-N. 559, am Gir, Bongo, Zentralafrika	+ loc.	Ringleiste tiefblau, sonst —
Tetmemorus Brebissonii (Menegh.) Ralfs.	RT, RMK, n. slt.	— !	Verschiedene Proben	—	
Tetmemorus granulatus (Bréb.) Ralfs.	RT, RMK, hfg.	— !	Zahlreiche	— !	
Tetmemorus laevis (Kütz.) Ralfs.			W.-N. 1387, Närmdö, Sch	—	

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisen-reaktion	Herkunft	Eisen-reaktion	
Euastrum crassum (Bréb.) Kütz.			In W.-N. 1492, b. Kaiserlautern, D	—	
Euastum humerosum Ralfs.				—	
Euastrum oblongum (Grev.) Ralfs.	RT, RMK, n. slt.	—!	Verschiedene Proben	—	
Euastrum Didelta (Turp.) Ralfs.	RMK	—!		—	
Euastrum sinuosum Lenorm				—	
Euastrum cuneatum Jenner			In W.-N. 264, Lassby b. Upsala, Sch	—	
Euastrum ansatum Ralfs.	RT, s. hfg.	—!	Verschiedene Proben	—	
Euastrum insigne Hass.	RMK, n. slt.	—!			
Euastrum bidentatum Näg.			In W.-N. 1463, Fjellnäs, Sch	—	
Euastrum rostratum Ralfs.			In Rabh. 1846 (s. o.) u. and. Proben		
Euastrum elegans (Bréb.) Kütz.	RT, n. slt.	—	In Phyc. B. A., 1411, Medford, Mass	—	
Euastrum binale (Turp.) Ehrenb. incl. *formae*	RMK, RT, hfg.	—			
Euastrum pectinatum Bréb.			Coll. Grunow, b. Dresden	—	
Euastrum gemmatum Bréb.			Rabh. 1407, 1855, Gaußig, Oberlausitz, D	+	Warzen der konvexen Membranteile blau, Grundmembran hell grünlichblau

Euastrum verrucosum Ehrenb.	b. Giglachsee	+	In Phyc. B. A. 1464, Pine Hill Swamp., Mass	+	Warzen blau, Membran fast farblos bis hellblau
	RT, selt.	+	W.-N. 1263, Gurgl, Tirol	+	Alle Warzen blau, Membran im Scheitelteil der größeren Hügel hellblau, sonst —
			W.-N. 1458, Fjellnäs, Sch	+	
Euastrum insulare (Wittr.) Roy	RT, n. slt.	+ loc.			(Siehe p. 6) nur zarte Binde um den Isthmus blau **(Taf., Abb. 5)**
Micrasterias integra Nordst.			W.-N, 551, Otaria, S. Paulo, Bras	—	
Micrasterias pinnatifida (Kütz.) Ralfs.	RT, n. slt.	+ loc.	W.-N. 161, Sandem, Sch	+ loc.	Zahnspitzchen blau, Gürtel teils +, teils —, übrige Membran farblos
			In Rabh. 1407, Gaußig, Oberlausitz, D	+ loc.	
			In W.-N. 1147, Marstrand, Sch	+ loc.	Die hier langen (3 μ) Zähnchen in der Vorderhälfte oder fast ganz blau, Ithmus hie und da zartblau
Micrasterias truncata (Corda) Bréb.	RT, spärl. RMK, n. slt.	+ loc.	In W.-N. 1110, b. Marstrand, Sch	+ loc.	Isthmusband tiefblau, Spitzchen meist, doch nicht überall blau **(Taf., Abb. 7)**
Micrasterias laticeps Nordst.			W.-N. 372, Pierassununga, Bras	+ loc.	Spitzchen +, Isthmus —
Micrasterias conferta Lund.			W.-N. 375, Åbo, Finnland	+ loc.	Isthmus (und Zähnchen?) blau
Micrasterias papillifera Bréb.			W.-N. 1455, Fjellnäs, Sch	+ loc.	Isthmus tiefblau, Randzähnchen vorne blau, Dörnchen der Fläche teils an der Spitze, zirka 1 μ, scharf begrenzt, blau, teils —
			In Rabh. 1407, Gaußig, Oberlausitz, D	+ loc.	

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisenreaktion	Herkunft	Eisenreaktion	
Micrasterias rotata (Grev.) Ralfs.	RT, n. slt.	+ loc.	W.-N. 968, Roskilde, Dänem.	+ loc.	Spitzen und Isthmus + **(Taf., Abb. 6)**
			W.-N. 249, b. Strömsberg, Sch	+ loc.	Zähnchen bloß undeutlich +, Isthmus —
			Rabh. 1427, Kraußnitz, S	+ loc.	Die stumpflichen Zähnchen teils vorne + zart, teils —
			In Rabh. 1825, b. Tannenberg, Schl	+ loc.	Alle Exemplare mit zirka $1^1/_2$ — 2 µ breitem Gürtel und 2 — 4 µ weit blauen Zähnchen
			In W.-N. 843, Lilleröd, Dänem.	+ loc.	Nur Zähnchen 2—3 µ, blau
Micrasterias denticulata Bréb.			Phyk. un. 285, Wildenhain, b. Eilenburg, D	—	
ead., *f. intermedia*			W.-N. 370, b. Pirassununga, Bras	—	Hie und da sitzen an den Lappenenden winzige Zähnchen, diese deutlich blau
Micrasterias radiata Hass.			Phyc. B. A. 1411, Medford, Mass	+ loc.	Zähnchen und Isthmus blau
			In Phyc. B. A. 1464, Pine Hill Swamp, Mass.	+ loc.	Isthmusband, 2 µ breit, blau, die langen Zähnchen in der vorderen Hälfte, 2 — 3 µ weit, blau
Micrasterias Crux melitensis (Ehrenb.) Hass.			leg. Schliephake, Chrzanow, Galizien	+ loc.	Isthmus +, Zähnchen bis fast zur Basis +
			Rabh. 1856, Dretschen, Oberlausitz	+ loc.	Zahnspitzen +, sonst — (als *Mi. fimbriata*, var. *ornata* Bulnh. ausgegeben)

Micrasterias Americana (Ehrenb.) Ralfs.			In Phyc. B. A. 1831, Helmlock Pool, Mass	+ loc.	Isthmusband tiefblau, Zähnchen zarter blau
A. Membran glatt					
Cosmarium obsoletum (Hantzsch) Reinsch	RT, selt,	—			
Cosmarium Lundellii Delp.			W.-N. 1122, b. San Nicolas, Ecuador	—	(In sehr eisenreichen Schlamm eingebettet)
Cosmarium pachydermum Lund., var. *minus* Nordst.			Phyc. B. A., Eastham, Mass	—	
Cosmarium Ralfsii Bréb.			In Rabh. 2067, Kottenheide, S	+ loc.	Ein schmales Isthmusband ($1^1/_2$ μ breit) tiefblau, sonst —
Cosmarium fontigenum Nordst.	RT, spärl.	{ + loc. / —			Isthmus oft mit zart blauer Binde
			W.-N. 171, Strömsberg b. Jönköping, Sch	+ loc.	Desgl.
Cosmarium undulatum Corda	RT, n. slt.	— !	Verschiedene Proben	—	
Cosmarium Phaseolus Bréb.			Rabh. 1846, Lausigk b. Leipzig	—	
			Versch. andere Proben	—	
id., f. *minor* Boldt.			Phyc. B. A., Helmlock Pool, Mass	—	
Cosmarium tumidum Lund. (?)	RT, n. slt.	{ + loc. / —			Mit zarter doppelter blauer Isthmuslinie
			W.-N. 1287, Tromsö, Norw	—	
Cosmarium biocululatum Bréb.	RT, hfg.	— !			

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkuug
	Herkunft	Eisenreaktion	Herkunft	Eisenreaktion	
Cosmarium tinctum Ralfs.	RT, n. slt.	+	Rabh. 1787, Oberpick b. Pausa, S	+	Die ganze Zellmembran gleichmäßig intensiv blau (andere Cosmarien des Präparates eisenfrei)
			W.-N. 833, b. Hudiksvall, Sch	+!	
			Coll. Grunow, b. Upsala, Sch	+!	Desgl.
	(RT,	—)	In W.-N. 561, Fiskebückskill, Sch	+!	(Form mit farbloser Zellwand)
Cosmarium contractum Kirch., var. *ellipsodeum* (Elf.) West (?)	RT, hfg.	—			
Cosmarium minutum Delp.	RMK	—	W.-N. 1124, b. Marstrand, Sch	—	
Cosmarium depressum (Näg.) Lund., f. *minuta* Heim.	RT, hfg.	—			
Cosmarium Hammeri Reinsch	RT, selt.	—	W.-N. 1480, Herjedalja, Sch	—	
Cosmarium Nymanianum Grun.			W.-N. 1279, b. Tromsö, Norw	—	
Cosmarium granatum Bréb.			W.-N. 565, b. Dresden D	—	
Cosmarium subtumidum Nordst.			W.-N. 172, Sandhem, Sch	—	

Cosmarium galeritum Nordst.			W.-N. 564, Conceptio ad Uruguay Argentinien	—	»In aquario cultum«.
Cosmarium nitidulum De Not. (?) (vgl. p. 48, Anm.)			W.-N. 561, Fiskebäckskill, Sch	+ loc.	Große Mittelfelder der Halbzellen tiefblau, die übrige Membran farblos **(Taf., Abb. 15)**
id.			b. Bombay, Indien	—	
Cosmarium pyramidatum Bréb.	RT, s. hfg.		Zahlreiche Proben	—	
Cosmarium pseudopyramidatum Lund.	RT,	—	W.-N. 1283, b. Väddö, Sch	—	
Cosmarium Holmiense			W.-N. 80, b. Sandhem, Sch	—	
(id. var. *minus* Richt.)			Phyk. un. 181, an einem feuchten Stein, Burg Kynast, Sch	—	
Cosmarium venustum (Bréb.) Arch.	RT, spärl.	—			
(id., f. minor)			W.-N. 979, Kristineberg	{ + loc. { —	Isthmus bei vielen Zellen deutlich blau
Cosmarium Nägelianum Bréb.	RT, spärl.	—	W.-N. 1276, Neckargew. b. Heidelberg	—	
Cosmarium moniliforme (Turp.) Ralfs.			Verschiedene Proben	—	
id., f. *panduriformis* Heimerl	RT, hfg.	— !			
Cosmarium connatum Bréb.	RMK, n. slt.	—			
Cosmarium Regnesii Reinsch (inkl. var. *montanum* Schmidle)	RT, n. slt.	{ + { —	W.-N. 829, Lassby, Sch	+	An vielen Zellen die ganze Membran blau, die Wärzchen am Scheitel noch stärker blau, einzelne Halbzellen —
Cosmarium obliquum Nordst.	RT,	—			

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisenreaktion	Herkunft	Eisenreaktion	
Cosmarium Norimbergense Reinsch	RMK	—			
Cosmarium rectangulare Grun.	RMK	—			
Cosmarium quadratum Ralfs.	RT, spärl.	— !			
Cosmarium Debaryi Arch.	RT, spärl.	—			
Cosmarium pusillum (Bréb.) Arch.			Rabh. 2046, Iserwiese, D	—	
Cosmarium pygmaeum Arch.			W.-N. 1483, b. Malmagin, Sch	—	
Cosmarium Heimerlii West	RT, hfg.	—			} (Von West (Bd. III, p. 73) zu *C. pygmaeum* Arch. gezogen)
Cosmarium Schliephackeanum Grun. (?)	RT	—			
Cosmarium polygonum (Näg.) Arch.	RT				
Cosmarium bireme Nordst.			In W.-N. 1126, Kvön b. Marstrand, Sch	+ loc.	Die Halbzellen tragen je eine große Zentralwarze, diese lokal blau
			Phyc. B. A. 1260, Univ. of Washington, »in an aquarium«	+ loc.	Zentralwarze zart + bis fast —
Cosmarium impressulum Elf.	RT, n. slt.	—			

Cosmarium Regnelli Wille *f. minor* Boldt.			W.-N. 1285, Bosekap, Finnmark, Norw	—	
Cosmarium Meneghini Bréb.	RT, n. slt.	—	Verschiedene Proben	—	
Cosmarium Clepsydra Nordst. (= *C. atlanthoideum* Delp. f. *rectiuscula* Heimerl)	RT, n. slt.	{ + loc. { —			Isthmusring und zentraler Punkt der Halbzellen blau (siehe p. 7)
Cosmarium laeve Rabenh.			W.-N. 1121, Pastasa Fluß, Ecuador	—	
Cosmarium monochondrum Nordst.			W.-N. 256, b. Kongsvold,, Norw	—	(Probe eisenarm)
Cosmarium Cucurbita Bréb.	RT, s. hfg.	— !	Zahlreiche Proben	—	
Cosmarium Palangula Bréb.	RT	—			
Cosmarium parvulum Bréb.			W.-N. 474, Bygland, Norw	—	Probe sehr eisenreich
Cosmarium turgidum Bréb.	RT, spärl.	—	W.-N. 259, Strömsberg, Sch	—	
B. Membran skulpturiert					
Cosmarium ornatum Ralfs.	RT, RMK, n. slt.	+ loc.	W.-N. 1126, ins. Kvön b. Marstrand, Sch	+ loc.	Warzen lokal blau
			In Rabh. 1407, Gaußig, Oberlausitz, D	+ loc.	Ebenso
			Rabh. 1926, Upsala, Sch	+ loc.	Warzen blau, in den Mittelanschwellungen noch intensiver
Cosmarium commissurale Bréb.			Rabh. 1352, Falaise, Frankr	+ loc.	Warzen tiefblau, sonst —, junge Zellen und Halbzellen —
Cosmarium Portianum Arch. (inkl. var. *nephrodium*) Wittr.	RT, RMK, n. slt.	—			

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisen-reaktion	Herkunft	Eisen-reaktion	
Cosmarium Norimbergense Reinsch	RMK	—			
Cosmarium rectangulare Grun.	RMK	—			
Cosmarium quadratum Ralfs.	RT, spärl.	— !			
Cosmarium Debaryi Arch.	RT, spärl.	—			
Cosmarium pusillum (Bréb.) Arch.			Rabh. 2046, Iserwiese, D	—	
Cosmarium pygmaeu Arch.			W.-N. 1483, b. Malmagin, Sch	—	
Cosmarium Heimerlii West	RT, hfg.	—			} (Von West (Bd. III, p. 73) zu *C. pygmaeum* Arch. gezogen)
Cosmarium Schliephackeanum Grun. (?)	RT	—			
Cosmarium polygonum (Näg.) Arch.	RT				
Cosmarium bireme Nordst.			In W.-N. 1126, Kvön b. Marstrand, Sch	+ loc.	Die Halbzellen tragen je eine große Zentralwarze, diese lokal blau
			Phyc. B. A. 1260, Univ. of Washington, »in an aquarium«	+ loc.	Zentralwarze zart + bis fast —
Cosmarium impressulum Elf.	RT, n. slt.	—			

Cosmarium Regnelli Wille *f. minor* Boldt.			W.-N. 1285, Bosekap, Finnmark, Norw	—	
Cosmarium Meneghini Bréb.	RT, n. slt.	—	Verschiedene Proben	—	
Cosmarium Clepsydra Nordst. (= *C. atlanthoideum* Delp. f. *rectiuscula* Heimerl)	RT, n. slt.	{ + loc. / —			Isthmusring und zentraler Punkt der Halbzellen blau (siehe p. 7)
Cosmarium laeve Rabenh.			W.-N. 1121, Pastasa Fluß, Ecuador	—	
Cosmarium monochondrum Nordst.			W.-N. 256, b. Kongsvold,, Norw	—	(Probe eisenarm)
Cosmarium Cucurbita Bréb.	RT, s. hfg.	— !	Zahlreiche Proben	—	
Cosmarium Palangula Bréb.	RT	—			
Cosmarium parvulum Bréb.			W.-N. 474, Bygland, Norw	—	Probe sehr eisenreich
Cosmarium turgidum Bréb.	RT, spärl.	—	W.-N. 259, Strömsberg, Sch	—	
B. Membran skulpturiert					
Cosmarium ornatum Ralfs.	RT, RMK, n. slt.	+ loc.	W.-N. 1126, ins. Kvön b. Marstrand, Sch	+ loc.	Warzen lokal blau
			In Rabh. 1407, Gaußig, Oberlausitz, D	+ loc.	Ebenso
			Rabh. 1926, Upsala, Sch	+ loc.	Warzen blau, in den Mittelanschwellungen noch intensiver
Cosmarium commissurale Bréb.			Rabh. 1352, Falaise, Frankr	+ loc.	Warzen tiefblau, sonst —, junge Zellen und Halbzellen —
Cosmarium Portianum Arch. (inkl. var. *nephrodium*) Wittr.	RT, RMK, n. slt.	—			

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisen-reaktion	Herkunft	Eisen-reaktion	
Cosmarium Brebissonii Menegh.			In leg. Bulnheim, b. Wurzen. D	+ loc.	Alle Warzen und oft ein breites Band um den Isthmus blau, übrige Membran farblos **(Taf., Abb. 13)**
Cosmarium isthmochondrum Nordst.			W.-N. 561, Fiskebäckskil, Sch	+ lo	Warzen lokal blau, Isthmus meist mit breitem, blauem Gürtel, sonst farblos
(*C. suborbiculare* Wood. = *isthm.*)			Phyk. un. 181, an einem feuchten Stein, Burg Kynast, Schl		
Cosmarium Corbula Bréb.			Rabh. 1349, Falaise, Frankr	+ loc.	Warzen lokal +, manche Zellen fast — **(Taf., Abb. 14)**
Cosmarium Sportela Bréb.			W.-N. 78, Fiskebäckskill, Sch	—	Ob Warzen teilweise zart +, fraglich; die braunen Zygosporen reagieren negativ
Cosmarium Turpinii Bréb.			W.-N. 169, Sampalinen b. Åbo, Finnl	+ loc.	Membran farblos, Warzen zartblau, Doppelhügel tiefblau
			W.-N. 1288, Ronneby, Sch	+ loc. —	Teils —, teils wie vorige, Mittelanschwellung mit gehäuften Warzen tieferblau
id., β-subcrenatum Racib.			W.-N. 1129, Quito, Ecuador	+ loc.	
Cosmarium praemorsum Bréb.			W.-N. 254, Lassby b. Upsala, Sch	—	Mehrzahl —, bei manchen die Spitzwarzen schwach +
Cosmarium margaritiferum Menegh.			Rabh. 2126, Lomnitz, Schl	+ loc.	Mittelfelder der Halbzellen fast überall lokal blau, oft eine Warze in der Mitte des blauen Areals tiefblau, übrige Warzen vielfach auch Gürtel um den Isthmus blau
id., f. Kirchneri B	RT, slt.	+ loc.			Vgl. p. 9 **(Taf., Abb. 11)**

Cosmarium punctulatum Bréb.	RT, spärl.	+ loc.	In W.-N. 1280, b. Upsala, Sch	+ loc.	
			Phyc. B. A. 1820, Helmlock Pool, Mass	+ loc.	Teils alle Warzen zartblau, übrige Membran farblos, teils die Warzen an den leichten Mittelanschwellungen deutlich blau, die anderen sehr zart bis farblos
id., var brasiliense Nordst.			W.-N. 471, b. Pirassununga, Bras	+ loc.	
id. (*C. polonicum* Racib., β-*quadrigranulatum* Gutw.)			W.-N. 1282, b. Marstrand, Sch	—	Hie und da Warzen zart +
Cosmarium anisochondrum Nordst.			In Phyc. B. A. 1817, Helmlock Pool, Mass	+ loc.	Warzen blau, übrige Membran farblos.
Cosmarium quinarium Lund., f. *irregularis* Nordst.			W.-N. 976, Tunarp, Sch	+ loc.	Isthmus überall mit sehr (zirka 4 μ) breitem blauem Gürtel, die halbkugeligen Warzen blau, sonstige Membran farblos
Cosmarium Kjellmani Wille, var. *grande* Wille			W.-N. 828, b. Upsala, Sch	—	
Cosmarium bidentulatum (Wille) Boldt.			W.-N. 1265, b. Tromsö, Norw.	—	(Probe eisenreich)
Cosmarium substriatum Nordst.			W.-N. 977, Quikkjock, Lappl., Sch	{ + loc. { —	
Cosmarium subcrenatum Hantzsch			W.-N. 562, Rydboholm, Upland, Sch	—	
Cosmarium subprotumidum Nordst.			W.-N. 1128, b. Marstrand, Sch	—	Unter zahlreichen Zellen einzelne am Mitteltumor zart blau
Cosmarium calcareum Wittr.			W.-N. 79, Enholmen b. Slite, Sch	—	
Cosmarium calodermum Gay, var. *succisum* Nordst.			W.-N. 990, Waxholm, Sch	—	
Cosmarium formulosum Hoff., β-*aequatoriense* Nordst.			W.-N. 1118, Quito, Ecuador	—	

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisenreaktion	Herkunft	Eisenreaktion	
Cosmarium alatum Kirchner, β-*aequatoriense* Nordst.			W.-N. 1116, San Nikolas, Ecuador	—	
Cosmarium tetrophthalmum Bréb.	RT, n. slt.	— !			
Cosmarium Botrytis Menegh.			W.-N. 1267, b. Tromsö, Norw	—	
			W.-N. 826, b. Upsala, Sch	—	Viel eisenreiche Formen beigemengt.
id., var. *emarginatum* Hansg.			W.-N. 1479, b. Fjellnäs, Sch	—	
id., var. *gemmiferum* (Bréb.) Nordst.			W.-N. 170, b. Helsingfor. Finnl	—	
Cosmarium Pardalis Cohn			W.-N. 559, am Gir, Bongo, Zentralafrika	+ loc.	
Cosmarium ochthodes Nordst.			W.-N. 1280, Grindstugan Upsala, Sch	—	
Cosmarium conspersum Ralfs.	RT, RMK, hfg.	+ loc. +	Rabh. 1897, Donau-Main-kanal b. Erlangen, D	+	Warzenpunkte tiefblau, ganze übrige Membran hellblau, teilweise auch dunkelblau, junge Zellhälften farblos, — wie das lebende p. 8 **(Taf., Abb. 12)**
id. var rotundatum Wittr.			W.-N. 472 u. 476, Eschdorf b. Dresden, D	+	Ähnlich dem vorigen, mehr farblose Zellen und Halbzellen (vgl. p. 50)

Cosmarium margaritatum (Lund.) Roy und Biss. (= *C. latum* Bréb., var. *marg.* Lund.)			W.-N 1275, b. Marstrand, Sch	+	Ganze Membran hell- bis dunkelblau, Warzenpunkte noch tiefer blau
Cosmarium quadrum Lund., var. *minus* Nordst.			Phyc. B. A. 1261, San Franzisko, Cal	—	
Cosmarium Broomei Thwait.			Phyk. un. 26, b. Bautzen, S	—	Meist —, einzelne ganz zart + (Probe eisenarm)
Cosmarium biretum Bréb.			Rabh. 969, b. Dresden, D	—	
			W.-N. 972, b. Lysekil, Sch	—	
			Coll. Reichenbach, —?	—	Meist —, einzelne schwach +
id., f. *supernumeraria*			W.-N. 77, Insel Orust, Sch	—	Ganz zart + bis —, Warzen nicht unterschieden
Cosmarium amoenum Bréb.	RT, n. slt.	— !	Verschiedene Proben	—	
Cosmarium pseudamoenum Wille	RT	—	leg. Lütkemüller, Egelsee, Kärnt.	—	Oder ganz zart + ?
Cosmarium crenatum Ralfs.			W.-N. 80, b. Sandhem, Sch	—	
Xanthidium armatum (Bréb.) Rabh.	RMK, hfg.	{ —	Verschiedene Proben	—	
		+ loc.	In Rabh. 1898, b. Erlangen, D	—	Oder manche Stacheln vorne zart + **(Taf., Abb. 21)**
Xanthidium antilopaeum (Bréb.) Kütz. (incl. *formae)*	RT, n. slt.	+ loc.	In verschiedenen Proben	+ loc.	Vgl. p. 10 **(Taf., Abb. 10)**
			In Rabh. 1781, Les Verrieres, Schweiz	+ loc.	Stacheln, Isthmusgürtel und Zentralhügel der Halbzellen blau, übrige Membran farblos
			In Phyc. B. A. 1411, Medford, Mass	+ loc.	Ähnlich, auch Warzenkranz um die Mittelhügel +
			W.-N. 470, Sandhem, Sch	+ loc.	Nur Stacheln im Vorderteil zarblau (Material unsicher)

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisen-reaktion	Herkunft	Eisen-reaktion	
Xanthidium cristatum Bréb.	RT, sclt.	+ loc.	Phyc. B. A. 1662, Near Hammonds Pond Newton, Mass	+ loc.	Mittelhügel blau, Stacheln bis fast zur Basis blau, Einlagerung minder scharf begrenzt
id., var uncinatum Bréb.			W.-N. 971, Sandhem, Sch	+ loc.	Ähnlich
Xanthidium fasciculatum Ehrenb.			Rabh. 2320, Leipzig u. Leulitz b. Wurzen, D	+ loc.	Warzentragender Mittelhügel, 23 × 11 μ, tiefblau, Stacheln hellblau, Isthmusband vielleicht angedeutet, sonstige Membran farblos
Xanthidium Brebissonii Ralfs.			Rabh. 640, Bruyère de Noron, Frankr	+ loc.	Stacheln bis auf zirka 2/3 der Länge tiefblau, farbloser Fußteil scharf abgesetzt, Mittelhügel blau, desgl. Isthmusband, 3 μ breit, übrige Membran farblos **(Taf., Abb. 9)**
Xanthidium aculeatum Ehrenb.			W.-N. 549 u. 816, Lassby b. Upsala, Sch	+ loc.	Die 9—10 μ langen Stacheln im Vorderteil, 6—7 μ, blau, scharf abgesetzt, Mittelwärzchen der Halbzellen blau, Isthmusgürtel angedeutet
Arthrodesmus incus (Bréb.) Hass. (incl. *formae)*	RMK, RT, hfg.	—			
Arthrodesmus convergens Ehrenb.	RT, spärl.	+ loc.	In verschiedenen Proben	+ loc.	Vgl p. 12, 51 **(Taf., Abb. 8)**
			In Phyc. B. A. 1827, Helmlock Pool, Mass	+ loc.	Gürtel tiefblau, Stacheln zarter blau
			In Rabh. 1781, Les Verrieres, Schweiz		Außer Stacheln und Isthmusgürtel hier auch noch Flecken in der Mitte der Halbzellen blau

Arthrodesmus octocornis Ehrenb.	RT, spärl.		In Rabh. 1846, Lausigk b. Leipzig		
			In W.-N. 1290, Fiskbäckskill	—	oder Stacheln sehr zart blau, Reaktion unklar
			Marstrand, Sch	—	
Arthrodesmus bifidus Bréb.	RT, spärl.	—			
Arthrodesmus hexagonus Boldt. (?)		—			
Staurastrum muticum Bréb.	RT, RMK, n. slt.	—	W.-N. 166, b. Helsingfors, Finnl	—	
Staurastrum orbiculare Ralfs.			W.-N. 1472, b. Fjellnäs, Sch	— !	Probe eisenreich
			W.-N., Marstrand, Sch	—	
Staurastrum alternans Breb.			W.-N. 1460, b. Malmagan, Sch	—	
Staurastrum striolatum (Näg.) Arch.			W.-N. 253, Lassby b. Upsala	—	Warzen vielleicht sehr zart +
Staurastrum punctulatum Bréb.			W.-N. 72, b. Alnarp, Sch	—	
Staurastrum Dickiei Ralfs.	RT, n. slt.	+ loc.	In W.-N. 1467, b. Svansjön, Sch und andere Proben	+ loc.	Die kleinen Stacheln lokal zartblau, übrige Membran —
id., var. circulare Turn.	RMK	+ loc.	Phyc. B. A. 1827, Helmlock Pool, Mass	+ loc.	Die kurzen Stachelspitzen +
Staurastrum apiculatum Bréb.	RT, RMK	+ loc.			
Staurastrum dejectum Bréb.			W.-N. 1110, b. Marstrand, Sch	+ loc.	Stacheln + zart bis fast —
			Rabh. 1429, Leulitz b. Leipzig		Desgl.
Staurastrum connatum (Lund.) Roy u. Biss.			W.-N. 1290, b. Fiskebäckskill, Sch		Stacheln samt Basis zart bis deutlich blau, sonst oder sehr zart +

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisen-reaktion	Herkunft	Eisen-reaktion	
Staurastrum megacanthum Lund.			W.-N. 1468, zw. Fjellnäs u. Malmagan, Sch	—	(oder Stacheln ganz zart grünlichblau)
Staurastrum aristiferum Ralfs.			In Rabh. 1781, Les Verrieres, Schweiz	+ loc.	Stacheln sehr zart blau
Staurastrum cuspidatum Bréb.	RT, RMK, hfg.	—	W.-N. 377, Lassby b. Upsala, Sch		Stacheln deutlich hellblau, sonst —
Staurastrum Avicula Bréb.			Rabh. 1782, Les Verrieres, Schweiz	{ + loc. —	Stacheln samt Basis und nächster Umgebung zart +, sonst —
Staurastrum Saxonicum Bulnh.			W.-N. 1463, Fjellnäs, Sch (als *St, Brébissonii* ausgegeben)	+ loc.	Die langen Stacheln vorne zirka 6—7 μ weit dunkelblau, Basis und übrige Membran fabrblos; jüngere Zellen und Zellhälften mit nur an der Spitze 2—3 μ weit blauen Stacheln
			W.-N. 555, b. Högsmyr, Sch	+ loc.	Stacheln bis nahe zur Basis blau, Membran sonst farblos.
			Rabh. 1940, b. Grimma, D	+ loc.	Stacheln zart + bis —
			Rabh. 1825, b. Tannenberg, Schl	+ loc.	Stacheln +, sonst — **(Taf., Abb. 18)**
Staurastrum teliferum Ralfs.	RT, hfg,	+ loc.	In W.-N. 1467, b. Svansjön, Sch	+ loc.	} Vorderhälften der Stacheln tiefblau, sonstige Membran farblos **(Taf., Abb. 16)**
			Rabh. 1926, b. Upsala, Sch	+ loc.	
Staurastrum Hystrix Ralfs.			Rabh. 1898, b. Erlangen, D	{ + loc. —	Stacheln sehr zart +, sonst

Staurastrum pilosum (Näg.) Arch.			W.-N. 1587, Fjellnäs, Sch	+ loc.	Stacheln zart blau, Basis farblos, sonst —
			W.-N. 165, b. Risberg, Sch	—	
Staurastrum hirsutum (Ehrenb.) Bréb.			W.-N. 816, Lassby, b. Upsala	—	
Staurastrum muricatum Bréb.			W.N. 1471, b. Fjellnäs, Sch	{ — { + loc.	Stacheln sehr zart +
Staurastrum spongiosum Bréb.	RT, RMK				
id., var. *Griffithsianu* (Näg.) Lagerh.			W.-N. 821, Grindstugan, b. Upsala	—	Bei einzelnen Dörnchen zart, aber deutlich +
Staurastrum scabrum Bréb.			W.-N. 1114, Lyngbye Mose, Dänem	—	
			Rabh. 2067, Kottenheide, S	—	
Staurastrum inconspicuum Nordst.	RT		Rabh. 1428, Hartwald b. Leipzig	—	(Vgl. West, IV, p. 131)
Staurastrum brachiatum Ralfs.	RT, hfg.	— !			
Staurastrum paradoxum Meyen, var. *evolutum* West	RT, n. slt.	—			
Staurastrum tetracerum Ralfs.	RMK, hfg.	—			
Staurastrum polymorphum Bréb.	RT, RMK, n. slt.	{ + loc. { —			
Staurastrum vestitum Ralfs.			Schärfling a. Attersee, Österr.	+ loc.	Dornenspitzen blau
Staurastrum Heimerlianum Lütkem.	RT, spärl.		W.-N. 1467, b. Svansjön, Sch	+ loc.	Dörnchen himmelblau, übrige Membran zart grünblau bis farblos
Staurastrum Sebaldi Reinsch.			Phyc. B. A. 1665, b. Bay Shore, Eastham, Mass	+ loc.	Sowohl Enddornen der Fortsätze als auch Dörnchen der Scheitelfläche in der Vorderhälfte oder bis nahe zur Basis blau

Art	Frisches Material		Herbarmaterial		Bemerkung
	Herkunft	Eisen-reaktion	Herkunft	Eisen-reaktion	
Staurastrum megalonotum Nordst.			W.-N. 1469, b. Glän, Herjedalja, Sch	—	Oder Stacheln ganz zart grünblau
Staurastrum furcatum (Ehrenb.) Bréb.	RT, n. slt.	+ loc.	Rabh. 1855 u. 1407, Gaußig, Oberlausitz, D	+ loc.	Die relativ großen Endzähnchen meist 3—4 μ weit dunkelblau, sonst —
			In W.-N. 970, Lassby, Sch	+ loc.	Zähnchen +, sonst —
			Rabh. 2325, b. Sandhem, Sch u. andere Proben	+ loc.	Zähnchen bis zum Grund tiefblau, übrige Membran, auch der Fortsätze farblos **(Taf., Abb. 17)**
Staurastrum forficulatum Lund.			In Phyc. B. A. 1464, Medford, Mass	+ loc.	Stacheln und doppelspitze Warzen + zart
Staurastrum furcigerum Bréb.			W.-N. 163, b. Stromsberg, Sch	+ loc.	Meist nur die Spitzen der Endzähne blau
id., f. eustephanum (Ehrenb.) Ralfs.			Phyc. B. A. 1663, Holliston, Mass	+ loc.	Die Endzähne der Fortsätze zur Hälfte oder fast bis zum Grund blau, außerdem alle kleinen Membranwärzchen lokal blau, übrige Membran farblos **(Taf., Abb. 19)**
Cosmocladium sp.			In Phyc. B. A. 1464, Pine Hill Swamp, Medford, Mass	—	
Sphaerozosma vertebratum (Bréb.) Ralfs.			Rabh. 1446, Katzensee b. Zürich, Schweiz	—	(Klammern am Material undeutlich)
id., (»*Sph. Archeri*«)			W.-N. 1253, Wiesental, Schwarzwald, D	—	(Klammern vielleicht zart + ?)

Sphaerozosma excavatum Ralfs.	RT, RMK. selt.	{ + + loc.			Vgl. p. 14
Sphaerozosma granulatum Roy u. Biss.			W.-N. 1254, b. Strömsberg, Sch	{ + loc. —	Vgl. p. 52 **(Taf., Abb. 20)**
			Phyc. B. A. 1464, Pine Hill Swamp, Medford, Mass	+	(Irrig als *Sph. verlebratum* ausgegeben)
Spondylosum secedens (De Bary) Arch.			W.-N. 1255, b. Aas, Norw.	—	
Spondylosium pulchellum Arch.			W.-N. 548, b. Sunnansjo, Sch	—	(Im Präparat dunkelblaue Arcella usw.)
Hyalotheca dissiliens (Smith) Bréb.	RT, hfg.	—			
Hyalotheca mucosa (Mert.) Ehrenb.			Rabh. 1235 u. 1446, am Katzensee, Kant. Zürich, Schweiz	—	
Hyalotheca undulata Nordst.			W.-N. 561, Fiskebäckskill, Sch	—	
Desmidium Swartzii Ag.	RT, s. hfg.	—	Zahlreiche Proben	—	(Vgl. aber p. 13)
Desmidium cylindricum Grev.			W.-N. 67 u. 83, b. Sandhem, Sch	{ — + loc.	Großenteils —, manche Zellen jedes Fadens + loc. (vgl. p. 52) einzelne Halbzellen ganz hellblau
(= *Didymoprium Grevellii* Kütz.)			Bei Dresden, D, leg. Hantsch	+ loc.	
Gymnozyga moniliformis Ehrenb.	RT, s. hfg.	—	Verschiedene Proben	—	

(Ehrenb.) Bréb. und *Penium polymorphum* Perty. Bei *P. margaritaceum* fand er die Membran gewöhnlich, doch nicht immer durch Eisen gelb bis braun, bei *P. polymorphum* »können gelegentlich ältere Segmente durch Eiseneinlagerung eine gelbliche bis blaßbraune Farbe annehmen.« Mir gab *P. polymorphum* in lebenden und in Herbarproben nur negative Reaktion, so daß hier die Eiseneinlagerung wohl nur ausnahmsweise einzutreten scheint und jedenfalls keinen einigermaßen beständigen Artcharakter ausmacht. — Eisen fand ich außer bei den zwei anderen angeführten Arten noch in geringer Quantität bei *P. spirostriolatum* Barker, sehr intensive Vererzung der Zellhäute dagegen bei *P. minutissimum* Nordst. und *P. rufescens* Cleve. Die letztgenannte Art verdankt wohl die dunkelbraune Färbung ihrer Membran zur Gänze dem reichlich gespeicherten Eisen. Erwähnung verdient, daß bei allen Arten der Gattung, für die West gelbe oder braune Membranen abbildet, und die ich auf Eisen prüfen konnte, sich solches nachweisen ließ; von den braunwandigen Arten bleiben nur *P. cuticulare* West und *P. granulatum* West zu untersuchen.

Die negativ reagierenden Arten *Penium Mooreanum* Arch., *P. cucurbitinum* Biss., *P. curtum* Bréb., *P. minutum* (Ralfs.) Cleve gehören nach Lütkemüller in Wahrheit zur Gattung *Cosmarium.*

Spezielles Interesse bieten für uns die beiden Arten, deren Zugehörigkeit zur Gattung *Closterium* Lütkemüller (1902, p. 395, 1905; p. 333) in überzeugender Weise dargetan hat, *Penium (Closterium) navicula* und *P. (Cl.) libellula.* Für *P. navicula* Bréb. wird bei West (Bd. I, p. 75) glatte und farblose Membran angegeben; doch zeigte, wie das früher beschriebene frische, auch das Herbarmaterial mäßigen, in ungleich alten Halbzellen derselben Individuen ungleich intensiven Eisengehalt der Membran und verstärkte Anreicherung in kurzen kappenförmigen, scharf begrenzten Zonen der Zellenden (Taf., Abb. 2). Zu den von Lütkemüller für die Versetzung der Spezies in die Gattung *Closterium* namhaft gemachten Gründen kommt auch noch die mit *Closterium* (p. 117) übereinstimmende, bei echten Penien nicht zu beobachtende Art der Fe-Einlagerung.

P. (Cl.) libellula (Focke) Nordst. gab in zwei Exsikkaten negative, in einem schwach positive Reaktion der Membranen; die meisten Exemplare dieses Materials zeigten jedoch eine höchst auffällige lokale Eisenanreicherung. Die Art besitzt (Lütkemüller 1902, p. 395) eine Ringfurche als präformierte Teilungsstelle und dicht daneben in der einen Zellhälfte eine wechselnde Zahl schmaler Querbinden, hierin mit *Closterium* übereinstimmend. An den Grenzen je zweier Querbinden wird nun nach Ausführung der Eisenreaktion eine schmale dunkelblaue Linie sichtbar, welche die Zelle als Ring umschließt (Taf., Abb. 1).

Ältere Halbzellen zeigen 1, 2, 3, ja bis 5 solche blaue Gürtel in gleichen Abständen auf hellblauem oder fast farblosem Grund. Ob diese ganz schmale eisenanreichernde Partie nur der jeweils älteren, von der Ringfurche entfernten Querbinde angehört, wie ich vermute, oder beiden Membranstücken, konnte ich an meinem Herbarmaterial noch nicht entscheiden und muß auf eine Gelegenheit, die Alge lebend zu untersuchen, warten. Auf eine Diskussion eventueller Beziehungen der Eisenlinien zu den sich gegenüberstehenden Auffassungen Lütkemüller's (1902, p. 395, 1917) und van Wisselingh's (1914) betreffs der Bildung der *Closterium*-Querbinden (vgl. dazu Oltmann, I, 1922, p. 116) will ich daher noch nicht eingehen. West erwähnt, daß *P. libellula* oft gelbbraune Membranfärbung zeigt; ich sah solche Exemplare nicht, vermutlich enthalten sie aber reichliches Eisen; dann käme der Alge die Fähigkeit zu fakultativer Eisenanreicherung in der ganzen Membran zu.

Closterium. Von dieser Gattung und ihren Beziehungen zum Eisen war schon im vorigen Abschnitte die Rede. Sie umfaßt Eisenformen mit meist gelber bis bräunlicher und eisenfreie mit farbloser Membran. Zahlreiche Arten gaben starke und stärkste Reaktion; mehrere der häufigsten, deren Eisengehalt allgemein bekannt ist, sind in der Tabelle nicht eigens angeführt. — *Closterium Lunula* Nitsch., welches, lebend geprüft, frei von Membraneisen befunden worden war, gab auch in den angeführten Exsikkaten durchwegs negative Reaktion, auch in den vier sehr eisenreichen Proben; hier hafteten den Zellen höchstens äußerlich Eisenflocken an, die Zellmembranen selbst waren vom Eisen frei. Bloß in einer kalifornischen Probe zeigten manche Zellen Andeutungen von Bläuung. *Cl. Lunula* ist also keine Eisenanlage.[1]

Daß bei Arten, welche regelmäßig Eisen speichern, junge Segmente und Zellen zunächst eisenfrei sind und daß vielfach auch der Eisenreichtum des Standortes einen Einfluß ausübt, ist bekannt und vielfach beobachtet. Als Speziescharakter hat insoferne in der Gattung *Closterium* nicht der Eisengehalt als solcher zu gelten, sondern die Fähigkeit, bei gewissem Alter und gewissen Außenbedingungen Membraneisen einzulagern. Man kann negativ reagierende Zellen normalerweise eisenführender Arten leicht beobachten, wenn man Vegetationen, die sich in Kultur oder im Freien rasch entwickelt haben, untersucht. Trotzdem lassen sich Closterien aus solchen Proben meist von zu Eisenspeicherung nicht befähigten leicht unterscheiden, wenn man nur genügend

---

[1] Klebs beschrieb eine Varietät, var. *coloratum* (vgl. West, I, p. 52), die sich von der Stammform durch rotbraune Färbung der Membran unterscheidet. Wir haben hier vermutlich den Fall, daß eine häufige, gewöhnlich eisenfreie *Closterium*-Art ganz vereinzelt (vgl. West) mit stark vererzter Membran auftritt; daß durch Eiseneinlagerung ein gelber Farbenton zustande kommt, soll übrigens nach Lütkemüller (1902, p. 372) öfters vorkommen.

reichliches Material prüft, denn dann finden sich bei jenen meist auch einzelne alte Halbzellen mit starker Eiseninkrustation. Das war beispielsweise auch der Fall bei dem in der Tabelle zitierten, von Elfving gesammelten Exsikkat von *Closterium Ptichardianum* Arch., welches die Notiz trägt »forma membrana juvenili (?) achroa striis aegre conspicius vet nullis.«

Es erschiene wünschenswert im Interesse der speziellen Kenntnis der Gattung, die zahlreichen, zumal kleineren Arten, deren Membran als farblos beschrieben wird, hinsichtlich des Fehlens oder Vorkommens von Membraneisen durchzuprüfen, eine Aufgabe, der ich mich leider nicht unterziehen konnte.

Cosmarieae.

Docidium. *D. nobile* (Richt.) Lund. ist eisenfrei in eisenreicher Probe; die Längsfalten an der Basis der Halbzellen speichern nicht. Da ich von *D. Baculum* Bréb. kein Material hatte, bleibt das Verhalten der basalen Körnchen dieser Art zu untersuchen.

Pleurotaenium. — Die die Zellmitte umschließende Ringleiste ist überall durch intensive Eisenspeicherung ausgezeichnet (Taf., Abb. 3 und 4). Alle Arten, wo der Ringwulst überhaupt vorhanden ist, verhalten sich wie *Pl. nodulosum* (p. 107).

Aus dem übereinstimmenden Ausfall der Reaktion bei den in der Tabelle vermerkten und zahlreichen andereren Proben, die Pleurotaenien als Beimengung enthielten, darf wohl gefolgert werden, daß die Vererzung der Isthmusgürtel einen konstanten Charakter bildet. Die Gattung *Pleurotaenium* erscheint damit geradezu als Prototyp lokalisierter Eiseninkrustation. — Die Ringleiste wurde mehrfach in die Artdiagnose einbezogen; doch spricht ihr West (Bd. I, p. 198) die Bedeutung als Speziescharakter ab.[1] Sie speichert, wie erwähnt, Eisen, wo immer sie ausgebildet ist. Die ganze übrige Membran der Zellen gibt in der Mehrzahl der Fälle ganz negative Reaktion, sie kann aber, wie, Molisch (1925, p. 149) an japanischem Material von *Pl. nodulosum* beobachtet hat, im Alter Eisen einlagern. Ich fand, aufmerksam geworden, solche gelegentliche Einlagerung auch bei *Pl. coronatum*, *Pl. truncatum* und am relativ häufigsten bei *Pl. Ehrenbergii*; die Intensität der Bläuung erreichte indes doch bei weitem nicht den Grad der Isthmusleiste und die lokale Auszeichnung der letzteren geht nicht verloren.

---

[1] Ich fand die Ringleiste bei *Pl. coronatum, nodulosum, truncatum* und in den genannten Proben der tropischen Arten stets ausgebildet, bei *Pl. Ehrenbergii* teils vorhanden, teils fehlend; hingegen bei *Pl. trabecula* und *rectum* durchwegs fehlend, bloß bei einer kleinen habituell abweichenden Form aus Australien, die als f. *minor* zu *Pl. rectum* gezogen wird, schwach differenziert.

Tetmemorus. Wie das lebende, so erwies sich auch alles Herbarmaterial als eisenfrei. *T. granulatus* Ralfs kann als Musterbeispiel einer Art hingestellt werden, die sich auch bei großem Eisenreichtum des Milieus und in Gesellschaft eisenreichster Familiengenossen immer eisenfrei erhält.

Euastrum. Hier erhielt ich bei allen Arten mit glatter Membran, den namhaft gemachten und etlichen anderen, stets negative Reaktion. Weitere Beispiele lokal blauer Isthmusbinden, wie frisches *E. insulare* sie zeigte, begegneten mir nicht. — Die zwei Arten mit warziger Membran dagegen, *E. gemmatum* Bréb. und *E. verrucosum* Ehrenb., sind Eisenformen. Bei *E. gemmatum* färbte sich die Grundmembran schwach grünblau, die Warzen der stark konvexen Teile der Zelloberfläche, nämlich der drei großen Anschwellungen im Basalteil der Halbzellen und der Randlappen, traten in deutlich blauer Farbe hervor, während die kleineren Lappen der übrigen Membranfläche sich nicht abweichend färbten. — Bei E. *verrucosum* sind die Warzen meist stark und klar differenziert. Die Grundmembran selbst ist wechselnd stark tingiert, fast farblos bis deutlich hellblau, mitunter nur im Vorderteil der größeren Lappen blau und zur übrigen fast farblosen Fläche allmählich abgetönt. Wenn die in konzentrischen Kreisen angeordneten größeren Warzen (vgl. die Abb. bei West II, Taf. XL) der drei Anschwellungen der Halbzellen tiefer blau, die übrigen kleinen Warzen als schwächer blaue Punkte vom lichten Grund sich abheben, ergeben sich sehr zierliche Bilder.

Micrasterias. Die ganze Gattung ist ausgezeichnet durch charakteristische, nicht sehr starke, aber streng lokalisierte und auf einen sehr kleinen Teil der Membranoberfläche beschränkte Eiseneinlagerungen. Einzelangaben enthält die Tabelle. Die Beobachtungen lassen sich dahin zusammenfassen, daß die Zähnchen des Zellsaumes bei allen Arten Eisen einlagern, entweder im Spitzenteil oder bis nahe dem Grund. Wo auf der Zellfläche Zähnchen, respektive Spitzpapillen *(M. papillifera)* auftreten, können sie sich ähnlich verhalten. Die wenigen, als negativ reagierend angeführten Arten entbehren der Randzähnchen; bei einer Probe von *M. denticulata,* die ausnahmsweise winzige Zähnchen ausgebildet hatte, zeigten diese die lokale Reaktion. — Die eisenführenden Isthmusgürtel sind in der Gattung verbreitet, doch nicht überall vorhanden und, was hervorgehoben zu werden verdient, mehrfach nicht artkonstant *(M. rotata, pinnatifida, crux Melitensis)*; allerdings sah ich *M. truncata, radiata papillifera* nicht ohne Gürtel.

Cosmarium. Mit dieser Gattung habe ich mich bei meinen Herbarstudien am eingehendsten beschäftigt.

Bei den Cosmarien mit glatter Membran ist negativer Ausfall der Eisenreaktion die Regel. Schmale, lokal eisenführende

Isthmusbänder bei übrigens eisenfreier Membran (vgl. p. 109) fanden sich noch bei *C. Ralfsii* Bréb., *C. venustum* Arch.; bei *C. fontigenum* Nordst. verhielt sich Herbarmaterial wie lebendes, bei *C. tumidum* Lund. reagierte es negativ. Die Isthmusgürtel sind auch hier bei den Arten, wo sie vorkommen, doch nicht konstant vorhanden und es steht zu erwarten, daß sie sich gelegentlich auch noch bei anderen Arten nachweisen lassen werden, möglicherweise auch bei solchen, für die ich bisher immer negative Reaktion erhalten habe. Eine Reihe von Arten, z. B. *C. pyramidatum* Bréb., *C. undulatum* Corda, *C. cucurbita* Bréb. habe ich freilich in so vielen Proben und so oft auch in Gesellschaft eisenreicher Desmidiaceen frei von jeder Einlagerung gefunden, daß ich ihnen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit die Befähigung zur Bildung lokaler Eisengürtel ganz absprechen möchte; diese ist wohl auch hier als Eigentümlichkeit gewisser Arten anzusehen.

Bemerkenswert ist *Cosmarium tinctum* Ralfs. Bei diesem färben sich die ganzen Zellwände, auf Eisen geprüft, gleichmäßig dunkelblau, die Art verdankt demnach die bekannte rotbraune Färbung ihrer Membranen der Einlagerung von Eisenoxydhydrat, was bisher der Beobachtung entgangen ist. Daß die Membranen manchmal auch farblos bleiben, ist bekannt (West, Bd. II, p. 169; Heimerl, p. 598); solche Formen, lebend untersucht, reagierten negativ.[1] — West bildet unter 135 glattwandigen *Cosmarium*-Arten nur noch für zwei andere, *C. flavum* Roy u. Biss. und *C. succisum* West bräunliche Membranen ab; sie waren mir zur Untersuchung nicht zugänglich. Sicher ist aber gleichmäßig starke Tinktion der ganzen Membran, die gleichen Grad wie bei den Closterien erreicht, im *Cosmarium*-Typus eine seltene Erscheinung. — Aufgeweichtes *C. Regnesii* Reinsch reagierte wie frisches.

Bei *C. bireme* Nordst., das in die Unterfamilie mit glatter Membran eingereiht wird, enthalten die großen zentralen Warzen der Halbzellen Eisen. Das in unserer Fig. 15 abgebildete »*Cosmarium nitidulum*« De Not. (?)[2], zeigte sehr markante Lokaleinlagerung in Form eines großen runden Eisenfeldes auf der Mitte der Breitseite jeder Halbzelle; dasselbe erscheint in Scheitel- und Seitenansicht als wenig vorspringende linsenförmige Wandverdichtung.

---

[1] Reiches lebendes Material aus RT, das ich im Sommer 1925 untersuchte, gab stark positive Reaktion. Die Zellen standen in lebhafter Teilung; selbst junge, noch kaum erwachsene Halbzellen mit noch nicht gebräunten Wänden gaben hellblaue Färbung.

[2] Die Alge fand sich reichlich im Exsikkat »Wittr.-Nordst. 561, leg. Nordstedt.« Sie entspricht sicher dem als Beimengung angeführten *Cosmarium nitidulum* De Not., ist also wohl von Nordstedt bestimmt worden. — Mir scheint aber eine erst später (1894) beschriebene Art, *Cosmarium ocellatum* Eichl. und Gutw. (vgl. West II, p. 144 und Taf. LVIII) besser übereinzustimmen. Nach West's Beschreibung und Abbildung läßt sich jedenfalls erwarten, daß *C. ocellatum*, var. *incrassatum* West in den verdickten, gelblichen Mittelfeldern auch lokal gehäuftes Eisen enthält.

Die Untersuchung der Cosmarien mit warziger Membran förderte, wie schon die lebend geprüften Arten hatten erwarten lassen, eine Reihe interessanter Eisenformen zutage.

Prächtige Beispiele lokalisierter Speicherung bilden jene Arten, bei welchen nur die Warzen Eisen enthalten, die Grundmembran davon ganz frei bleibt. Solche Arten sind *C. Brebissonii* Menegh, *C. isthmochondrum* Nordst., *C. ornatum* Ralfs., *C. Corbula* Bréb., *C. anisochondrum* Nordst., *C. substriatum* Nordst. *C. quinarium* Lund. Es besteht kein Zweifel, daß die Beispiele bei Untersuchung zahlreicherer Spezies, als mir bisher zugänglich waren, sich noch bedeutend vermehren werden.

Den einfachsten Fall repräsentiert etwa *C. Brebissonii* (Taf., Abb. 13), bei welchem die großen Warzen annähernd gleichmäßig ausgebildet und über die Zelloberfläche verteilt und alle gleich stark mit Eisen imprägniert sind; die Lokalisation und Abgrenzung gegen die farblose Grundmembran ist eine scharfe. Bei Immersionsvergrößerung erkennt man, daß die gestreckt-kegelförmigen Warzen entweder fast ganz tiefblau sind oder daß nur im Fußteil eine farblose Scheide den blauen Kern umfaßt; die Wand unter den Warzen ist farblos, die Begrenzung des blauen Teiles scharf. Die Art der Einlagerung ist vielleicht von der für *Cosmarium conspersum* (p. 110) beschriebenen nicht prinzipiell verschieden, sondern mit ihr vergleichbar, wenn man sich den dort allein eisenspeichernden zentralen Sektor der Warzen erweitert, den farblosen Seitenteil reduziert denkt. — *C. isthmochondrum* Nordst. (Abb. 14) besitzt zweierlei Warzen, große und kleine, eine große steht auf jeder Halbzelle über dem Isthmus, zwei unter dem Scheitel, 4 bis 5 kleine Warzen stehen am Saum, einige in der Mitte der Breitseiten. Alle Warzen treten durch die Eisenreaktion in dunkelblauer Farbe auf farblosem Grunde hervor, sie enthalten das Eisen wohl alle in gleicher Dichte, die großen in entsprechend größerer Menge.

Die Verhältnisse werden komplizierter, wenn die Mitte der Breitseite der Halbzelle aufgetrieben und die Warzen auf den Vorwölbungen gehäuft oder durch Größe ausgezeichnet sind. Das ist der Fall bei *C. ornatum* Ralfs., doch ist hier Größe und Anordnung der Warzen noch variabel (vgl. West, Bd. III, Taf. 78), sie speichern das Eisen teilweise gleich stark, teils sind die Warzen auf den Anschwellungen deutlich bevorzugt. Bei *C. anisochondrum* Nordst., *C. Corbula* Bréb. und anderen sind die großen Eisenwarzen auf die Mitte der Halbzellen gleichsam zusammengedrängt. Bei *C. substriatum* Nordst. bildet eine dicke, stark vorspringende Warze die Mittelanschwellung. Sie erscheint in der Flächenansicht als scharf begrenzter blauer Fleck, in der Scheitelansicht erweist sie sich als durch und durch eisenhaltig; der Kranz kleiner Wärzchen am Scheitel und den Seitenlappen der Zelle wird nur schwächer blau. — Es schließen sich die Fälle an, wo die Mittelanschwellungen durch lokale Eiseneinlagerung geradezu ausgezeichnet sind. Bei *C. Turpinii* Bréb. findet sich ein Doppelhügel

auf der Breitseite der Halbzellen, der intensive Reaktion zeigt; die gehäuften Warzen sind hier tiefblau, die auf der übrigen Membranfläche nur zart; bei *C. Turpinii*, β-*subcrenatum* Racib. zeigte sich in der Seitenansicht deutlich eine zirka 3 μ dicke, 8 bis 10 μ breite Eiseneinlagerung auf den Anschwellungen. — Es finden sich also alle vermittelnden Übergänge zur Art der Einlagerung bei dem schon im vorigen Abschnitt beschriebenen *C. margaritiferum* Menegh. mit zentralen Eisenfeldern der Halbzellbreitseiten; Herbarmaterial der Stammform dieser Art verhielt sich im wesentlichen wie frisches, nur daß die morphologische Hervorhebung der zentralen Warzen und ihre bevorzugte Eisenspeicherung minder ausgeprägt ist, auch die Eisenflecke nicht so regelmäßig vorhanden sind wie bei den lebend geprüften, der *f. Kirchneri* sich nähernden Formen.

Die Neigung der Mittelanschwellungen, resp. Zentralfelder der Halbzellen zu lokaler Eisenanreicherung ist in der Gattung *Cosmarium* jedenfalls ein weit verbreiteter Zug.

Eisengürtel um den Zellisthmus trifft man auch bei den warzigen Cosmarien mehrfach, doch sind sie auch hier wohl nicht so konstant für die Arten wie die Warzeneinlagerungen; das ließ sich wenigstens bei einigen Spezies feststellen. Sie erreichen oft ungewöhnliche Breite, so bei *C. isthmochondrum* Nordst. und *C. quinarium* Lund. Beide Arten geben mit ihrem breiten blauen Gürtel und den blauen Warzen auf farblosem Grund schöne Bilder lokalen Eisengehaltes. — Gürtel bei Arten mit eisenfrei bleibenden Warzen kenne ich nicht.

Daß außer in den Warzen auch in der Grundmembran Eisen eingelagert wird, findet man relativ nicht häufig. Die Fähigkeit ist charakteristisch für die *conspersum*-Gruppe, für *C. conspersum* Ralfs. samt seinen Varietäten und das nahe verwandte *C. margaritatum* Roy u. Biss. Die Herbarpflanzen reagierten genau wie die ausführlich beschriebenen frischen, die Eisenreaktion erreicht oft gleichen Grad wie bei stark vererzenden Closterien. Die Unterschiede im Gehalt alter und junger Schalstücke sind besonders augenfällig. — Formen mit stark oder mäßig eisenhältiger Grundmembran sah ich ferner wiederholt als Beimengung in Präparaten nordamerikanischer Herkunft aus Massachusetts. Schwache Eisentinktion der ganzen Wände zeigten mitunter *C. punctulatum* Bréb. und einige andere. —

Meine Beobachtungen in der Gattung *Cosmarium* können naturgemäß noch bei weitem nicht Erschöpfendes geben, doch zeigen sie, daß die Verhältnisse der Eiseneinlagerung hier viel des Charakteristischen bieten und daß ihre weitere Verfolgung wohl in hohem Maße auch die Aufmerksamkeit jener Forscher verdient, die sich mit der speziellen Morphologie und Systematik der interessanten Gattung beschäftigen.

Xanthidium. Bei allen untersuchten Arten des Subgenus *Holacanthum* Lund. kehrte die lokale Eisenspeicherung in

den Stacheln, den Mittelanschwellungen und dem Isthmusgürtel wieder; es ist der Beschreibung von *X. antilopaeum* (p. 112) und den Notizen der Tabelle nichts Wesentliches hinzuzufügen.[1] Die prächtigen, streng lokalen Membranvererzungen dürfen als charakteristisch für die Untergattung gelten.

Arthrodesmus. In etlichen Herbarproben reagierte *A. convergens* Ehrenb. wie im Leben. Die breite Isthmusbinde färbt sich oft noch tiefer blau als die Stacheln. Auffällig waren in zwei Proben Eisenflecke in der Mitte der Breitseite der Halbzellen, die also hier sogar auftreten können, ohne daß irgend eine morphologische Differenzierung wahrzunehmen ist. Ob *A. octocornis* Ehrenb. zu schwacher Tinktion der Membran befähigt ist oder nicht, lasse ich unentschieden.

Staurastrum. Meine Durcharbeitung dieser interessanten Gattung blieb leider noch unvollständig.

Bei den Arten mit einem einfachen Stachel an den Ecken der Halbzellen ist dieser oft lokal eisenhaltig, der Grad der Reaktion jedoch meist schwach.

Unter den reich bestachelten Arten finden sich mehrere sehr typische Eisenspeicherer. *St. teliferum* Ralfs. reagierte stets wie auf p. 114 beschrieben. Der Vorderteil der Stacheln oder der größere Teil, etwa drei Viertel der Länge, wird tiefblau, der Fußteil bleibt farblos. Das dichtstachelige *St. Saxonicum* (Taf., Fig. 18) zeigt gleichfalls stark lokale Reaktion der schlanken Stacheln mit Ausschluß der Basis, andere Arten reagierten ähnlich in schwächerem Grad.

Wo größere Fortsätze der Zellen in kurze Enddörnchen oder Zähnchen auslaufen, sind vielfach nur diese ganz oder im Spitzenteil lokal inkrustiert. *St. furcatum* Bréb. ist Musterbeispiel, mehrere andere verhalten sich ähnlich. — Wo auch am Zellscheitel oder anderen Membranteilen Dornen und Stacheln ausgebildet sind (*St. Sebaldi* Reinsch), können auch diese im Vorderteil Eisen speichern.

Als Beispiel für Lokalisation des Eisens auf kleinstem Raum verdient *St. furcigerum* Bréb. Hervorhebung; bei dieser Art sind außer den Spitzen oder Vorderteilen der Endstacheln die winzigen Knötchen, die in Querreihen an den Fortsätzen stehen, streng lokal eisenhaltig auf eisenfreiem Grund (Taf., Abb. 19); erst Betrachtung mit starken Immersionssystemen kann hier das Verhältnis klären. *St. polymorphum* Bréb. (und wohl verschiedene andere) schließen sich im Verhalten der Membranwärzchen an.

---

[1] In einer Probe (Rabenh. 1805 und 1417, Gaußig, Ober-Lausitz) war an zwei Exemplaren von *Xanthidium antilopaeum* je eine Halbzelle ganz blau, die andere lokal inkrustiert; viele andere Exemplare zeigten in normaler Weise lokalblaue Stacheln, 4 μ breite Gürtel und große (bis 24 × 15 μ), längsovale, blaue Mittelflecke.

Fadenbildende Gattungen.

Sphaerozosma. Nur diese Gattung enthält typische Eisenalgen. Die Zellteilungsfolge drückt sich gewöhnlich durch den ungleichen Grad der Eisenimprägnierung der Halbzellen desselben Fadens aus (vgl. p. 116). Bei *S. granulatum* Roy u. Biss. fanden sich in Fäden der in Abb. 20 dargestellten Probe die Zellhälften letzter Generation ganz farblos, die der drittletzten und älterer Generationen blau, die der zweitjüngsten farblos mit blauen Wärzchen; nicht nur die sogenannten Verbindungswärzchen am Zellscheitel, sondern auch die kleineren seitlichen Wärzchen sind lokal tiefblau. — *Sph. vertebratum* Ralfs. reagierte negativ, doch konnte ich das Verhalten der »Klammern« an meinem Material nicht erkennen. *Onychonema filiforme* Roy u. Biss., das zur Entscheidung der Frage, ob die Verbindungsklammern durch besonderen Fe-Gehalt ausgezeichnet sind, vor allem in Betracht kommt, habe ich wegen Materialmangels noch nicht untersuchen können.

Desmidium. Bei *D. cylindricum* Grev. kommen lokale Eiseneinlagerungen in der Membran vor, zwar nicht regelmäßig, denn der größte Teil der Zellen bleibt, auf Fe geprüft, farblos; vereinzelte Halbzellen werden aber mitunter zur Gänze hellblau, manche andere zeigen parallel den Querwänden nahe diesen geradlinig begrenzte blaue Streifen und teilweise außerdem auch breite blaue Gürtel um die Zellmitte, so daß dann dazwischen nur je eine breite weiße Binde auf den Halbzellen frei bleibt. Das eigenartige Vorkommnis bleibt an lebenden Pflanzen näher zu untersuchen. —

Zygosporen hatte ich nur in einer beschränkten Zahl von Fällen zu untersuchen Gelegenheit. Ihre Wand ist bekanntlich ebenso wie bei den Zygnemataceen auch bei den Desmidiaceen sehr oft braun oder dunkelbraun gefärbt. Daß diese Färbung aber auch bei den letzteren nicht auf Eisenoxydeinlagerung beruhen kann, ließ sich wenigstens für die untersuchten Arten aus dem Ausfall der Blutlaugensalzreaktion sicher entnehmen.

IV. Allgemeines.

Die in den vorstehenden Abschnitten mitgeteilten Beobachtungen haben gezeigt, daß Einlagerungen locker gebundenen Membraneisens in der Familie der Desmidiaceen keineswegs auf die Gattungen *Penium* und *Closterium* beschränkt sind, sondern sich außerdem noch bei einer langen Reihe anderer Formen, die dem Tribus der *Cosmarieae* angehören, nachweisen lassen. In den meisten Fällen besitzt die Membran dort freilich nicht in ihrer ganzen Ausdehnung die Fähigkeit der Eiseneinlagerung, sondern es sind nur kleine, gewöhnlich mehr minder scharf abgegrenzte

Teile der Zellwand, welchen jene Fähigkeit zukommt. Die Orte der Inkrustation sind für die betreffenden Arten, teilweise auch für Artengruppen und ganze Gattungen charakteristisch.

Versucht man, die nunmehr bekannten Fälle von Eisenspeicherung zur Übersicht zu ordnen, so gelangt man etwa zu folgender Zusammenstellung:

A) Die Zellwand lagert in ihrer ganzen Fläche Eisen ein.

1. Die Inkrustation ist in Zellwandstücken gleichen Alters überall gleich oder annähernd gleich stark. Hieher gehören, wie bekannt, zahlreiche Arten von *Closterium,* ferner die Mehrzahl der echten *Penium*-Arten, hingegen nur ganz wenige *Cosmarieae (Cosmarium tinctum).* Kurze kappenförmige Segmente der Zellenden können bei Closterien das Eisen in größerer Menge speichern als die übrigen Teile der gleich alten Schalstücke *(Cl. didymotocum, Cl. navicula).*

2. Gewisse Elemente der Wand lagern das Eisen stärker und schon in jüngeren Stadien ein als die übrige Membran: zentrale Punkte der Warzen bei *Cosmarium conspersum* und *margaritatum,* die Warzen bei *Sphaerozosma excavatum* und *granulatum, Cosmarium Regnesii,* die Warzen der Anschwellungen bei *Euastrum verrucosum.*

B) Die Speicherung des Eisens ist auf einen kleinen Teil der Zellfläche beschränkt, während die übrige Membran davon frei bleibt, und zwar:

1. auf einen leistenförmigen Wulst oder Gürtel um die eingeschnürte Zellmitte (den Isthmus) an der Berührungslinie der Halbzellen;

2. auf größere, auch morphologisch ausgeprägte Prominenzen, wie Warzen, Stacheln und Dornen;

3. auf Zähnchen und Dörnchen an den Enden größerer Fortsätze oder am Saum flacher Zellen;

4. auf ein kleines, oft vorgewölbtes Areal der Membran etwa in der Mitte der Breitflächen der Halbzellen (Mittelanschwellung oder »Zentraltumor«).

Die zu lokaler Einlagerung befähigten Formen speichern das Eisen entweder nur an einem oder gleichzeitig an mehreren der bezeichneten Orte;

also entweder nur am Isthmus, und zwar in einem erhabenen Ringwulst (zahlreiche *Pleurotaenium*-Arten) oder einem nicht oder wenig erhabenenen Gürtel *(Euastrum insulare,* glatte Cosmarien: *C. Ralfsii, C. fontigenum* und andere);

nur in den Stacheln, und zwar, scharf begrenzt, im Vorderteil oder der ganzen Länge mit Ausschluß des Fußstückes (*Staurastrum tellferum, St. saxonicum* und verwandte Arten),

nur in Warzen (zahlreiche Cosmarien),

nur in Zähnchen am Zellsaum (*Micrasterias*-Arten) oder Enddornen der Fortsätze (*Staurastrum furcatum* u. a.),

nur in Mittelanschwellungen (*Cosmarium* »*nitidulum*«, vgl. p. 48, Anm.),

Oder die Speicherung geschieht an zweierlei Orten:

an Stacheln und Isthmus (*Arthrodesmus convergens*, manche Staurastren),

an Warzen und Isthmus (*Cosmarium Brebissonii, C. isthmochondrum, C. quinarium*),

an Endzähnchen und Isthmus (Micrasterien),

an Isthmus und Mittelfleck der Halbzellen (*Cosmarium Clepsydra*).

an Warzen und Mittelfeld (*Cosmarium margaritiferum*),

an Wärzchen und Enddornen (*Staurastrum furcigerum, f. eustephanum*).

Oder endlich alle drei Formen der Speicherung — am Gürtel, den Stacheln und Mittelfeldern — finden sich vereint (*Xanthidium antilopaeum, X. cristatum, X. fasciculatum, X. Brebisonii, X. aculeatum, Cosmarium margaritiferum*).

Die Einlagerung erfolgt an den unterschiedenen Orten nicht mit einem gleichen durchschnittlichen Grad von Regelmäßigkeit. Am konstantesten scheint die Inkrustation der Isthmusleisten von *Pleurotaenium* zu sein, ebenso oder nahezu so beständig jene der Warzen und Stacheln von *Cosmarium, Xanthidium* (subgenus *Holacanthum*), *Staurastrum*. An zweiter Stelle stehen wohl die *Micrasterias*-Randzähnchen. Am wenigsten konstant sind die zarteren Isthmusgürtel. Sie finden sich noch ziemlich regelmäßig bei den Xanthidien, *Artrodesmus convergens* und gewissen Micrasterien, unregelmäßig oder bloß an manchen Individuen bei zahlreichen Arten von *Cosmarium* und *Micrasterias;* die Zuweisung dieser Arten zum Typus mit zweierlei oder einerlei Einlagerungsorten kann daher keine fixe sein. Ein Beispiel nur ausnahmsweise erfolgender Lokalinkrustation bilden die Vorderteile der gespaltenen Dornen von *Xanthidium (Schizacanthum) armatum*.

Wie bei den Closterien (p. 147), so findet man auch bei den lokal speichernden Formen der *Cosmarieae* ganz allgemein junge Halbzellen und Individuen noch frei von den charakteristischen Einlagerungen. Insofern ist auch hier nicht der Eisengehalt als solcher Artmerkmal, sondern die Fähigkeit zur Inkrustation. Wie diese vom Alter der Schalstücke, vom Eisenreichtum

des Mediums, von dessen H-Ionenkonzentration und anderen Außenbedingungen abhängt, wird im einzelnen durch Beobachtungen und Versuche zu verfolgen sein. Voraussichtlich werden die Schwellenwerte einerseits für die Spezies, anderseits wohl auch für die unterschiedenen örtlichen Formen der Einlagerung recht ungleich liegen.

Die Stellen der Membran aber, an denen das Eisen, wenn überhaupt vorhanden, sich lokalisiert findet, sind für die Arten kennzeichnend und bilden Spezieschaktere im vollen Sinn.

Wir haben uns endlich noch der Frage nach Ursache und Mechanismus und jener nach der biologischen Bedeutung der Eiseninkrustationen in Kürze zuzuwenden.

Wir beginnen mit der zweiten:

Lehnt man die Zweckmäßigkeitsfrage nicht prinzipiell ab, so liegt es nahe, sie bezüglich der Lokaleinlagerungen zu stellen. Sind diese sozusagen zufällige, für die Pflanze bedeutungslose Nebenwirkungen irgend eines anderen physiologischen Prozesses oder sie biologisch selbstzweckmäßig, im bildlichen Sinne von der Pflanze gewollt? Konstanz und morphologische Bestimmtheit der Orte, die das Eisen einnimmt, verleihen wohl letzterer Annahme ein gewisses Maß von Wahrscheinlichkeit.

Für die Closterien hat Gaidukov (1905) eine biologische Deutung ausgesprochen. Er sieht in der Eisenspeicherung der Membranen in erster Linie eine »Schutz- und mechanische Vorrichtung«, vergleichbar den Kieselsäurepanzern der Diatomeen.

Molisch (1910, p. 58) erkennt diese Auffassung an und sagt weiter: »Dieselbe Rolle wie bei *Closterium* und manchen Flagellaten dürfte das Eisen bei den Rhizoiden vieler Algen (*Oedogonium* usw.) spielen. Auch die Gallertscheide der Eisenbakterien erhält durch die Eiseneinlagerung einen anderen physikalischen Charakter, sie wird zunächst dicker, später aber spröder und starrer, so daß man auch hier von einem Eisenoxydpanzer sprechen kann, der die zarten Bakterienzellen schützend umhüllt.«

Zwanglos lassen sich im gleichen Sinn mechanischer Festigung unter den Lokaleinlagerungen der Desmidiaceen wohl jene der Stacheln und Endzähnchen deuten. Die exponiertesten Teile der Zellen werden naturgemäß der Gefahr einer mechanischen Schädigung am stärksten ausgesetzt sein. Beobachtet man flachzellige Micrasterien und Xanthidien oder auch Staurastren in natürlichen Verbänden, so trifft man sie oft zwischen *Oedogonium* und anderen größeren Algen in günstiger Lage zum einfallenden Licht ausgespannt und an den Fadenalgen oder sonstigen Stützen mit den

Randzähnchen, beziehungsweise Stacheln gleichsam verankert. Oft bringen nun kleine Tiere, Rotatorien, Macrobioten u. dgl., in die Algenwatten derbe Bewegung; dabei trifft die Inanspruchnahme die Zähnchen oder Stacheln am Saum der Desmidiaceenzellen in verstärktem Maße; Erhöhung der Festigung durch lokale Vererzung kann dabei nur von Vorteil sein. — Vielleicht verleiht die Beobachtung der Lokalisation des Eisens an Orten erhöhter Inanspruchnahme rückwirkend auch der erwähnten biologischen Auffassung des Zellwandeisens der Closterien eine neue, weitere Stütze.

Natürlich braucht aber die Bedeutung der Eisenanreicherung nicht gerade in allen Fällen dieselbe zu sein. Für die Mittelanschwellungen und Zentralfelder der Halbzellen befriedigt die Deutung und Sinn mechanischen Schutzes weniger; zumal das Eisen hier auch schon bei Arten *(Cosmarium nitidulum, margaritiferum)* auftritt, wo von Vorwölbung der Membranpartien nichts oder wenig zu sehen ist, und die chemische Differenzierung damit fast als primär gegenüber der morphologischen erscheint. Vor allem bedürfen aber die Isthmusgürtel und die höchst markanten Ringleisten der Pleurotaenien gesonderter Beurteilung. Vielleicht erhöhen die letztgenannten die Festigkeit des Zusammenhaltens der zwei die Zellwand zusammensetzenden, in der Isthmusbinde sich berührenden Schalstücke. Allenfalls ließe sich noch an mechanische Schutzwirkung für die jüngsten Stadien in Bildung begriffener Membranstücke denken. Eine abschließende Deutung zu geben, soll hier nicht versucht werden. —

Wir wenden uns zur ersten Frage.

Auf was für Ursachen beruht wohl die Einlagerung des Eisenoxydhydrats in die Membranen und die lokale Speicherung im besonderen?

Viel läßt sich darüber nicht aussagen. Nur experimentelle Erfahrungen, am besten solche an rein kultiviertem Material, werden uns in die Physiologie der Vorgänge Einblick verschaffen können, während die vorliegende kleine Studie zunächst einmal der Festlegung anatomischer Verhältnisse gewidmet ist. So sind hier nur einige Fragen, zu denen unsere Beobachtungen Anlaß geben, zu berühren.

Vorne an steht hier die Frage, ob bei der Einlagerung des Membraneisens die Mitarbeit der lebenden Zelle, respektive des Zellinhaltes maßgebend ist oder ob jene schon durch den Zustand der Zellwände allein bedingt zu denken ist.

Wollte man an einen direkten Zusammenhang mit der Lebenstätigkeit des Protoplasten denken, so käme da erstlich die Möglichkeit einer Beziehung der Eisenspeicherung zur CO_2-Assimilation der grünen Zelle im Lichte in Betracht.

Gewisse Grünalgen aus der Gruppe der Conferven, welche Kützing seinerzeit in der Gattung *Psichohormium* zusammenfaßte,

besitzen bekanntlich die Fähigkeit, große Mengen von Eisen in den Gallerthüllen anzusammeln, so daß die Fäden dieser Algen von dicken Röhren oder Gürteln aus Eisenoxyd umhüllt erscheinen. Hanstein (1878, zitiert nach Molisch 1892, p. 20) hat die Meinung ausgesprochen, daß diese Algen die Kohlensäure, deren sie zu ihrer Ernährung bedürfen, dem gelösten Spateisenstein entnehmen, daß sie Eisenbicarbonat aufnehmen, das freiwerdende Eisenoxydul mittels des bei der Assimilation erzeugten Sauerstoffes in die Oxidform bringen und wieder abscheiden. — Daß viele höhere, submers lebende Wasserpflanzen die analoge Fähigkeit besitzen, die halbgebundene Kohlensäure gelösten Calciumbicarbonates für Assimilationszwecke nutzbar zu machen, ist ja bekannt. Die Kalkinkrustationen zahlreicher Gewächse entstehen dadurch, daß der bei der Spaltung des Bicarbonats ausfallende Kalk an der Oberfläche sich ablagert. Ruttner (1921) hat die höchst leistungsfähige Kohlrausch'sche Methode der Messung des elektrolytischen Leitvermögens verdünnter Lösungen zum Studium des Kohlensäurehaushaltes submerser Gewächse herangezogen. Er konnte beweisen, daß *Elodea* tatsächlich die Bicarbonatkohlensäure ausnutzt, dargebotenes gelöstes $Ca(HCO_3)_2$ bis zum letzten Rest spaltet und in $CaCO_3$ überführt. Dabei wird nicht einfach das natürliche chemische Gleichgewicht, zwischen Carbonat, Bicarbonat und freier Kohlensäure durch CO_2-Aufnahme seitens der Pfianze gestört, wie man früher dachte, sondern die Umsetzung vollzieht sich bedeutend rascher als bei einfacher CO_2-Entziehung, woraus hervorgeht, daß die Pflanze auch noch in anderer Weise in den Prozeß der Bicarbonatspaltung eingreift. Die Assimilation steht auch nach Erschöpfung des Bicarbonats noch nicht still, sondern selbst dem gelösten $CaCO_3$ werden durch die belichtete Pflanze noch Carbonatanionen entrissen. — Ob die Conferven sich wirklich in ähnlicher Weise die Kohlensäure gelösten Eisenbicarbonats verschaffen können, ist zwar experimentell noch nicht entschieden, aber von vornherein ganz wahrscheinlich (vgl. Molisch 1892, p. 20; 1910a, p. 54).

Auch für die Desmidiaceen scheint nun eine solche Verwertung des im Moorwasser in sehr verdünnter Lösung enthaltenen Eisenbicarbonats für Assimilationszwecke sehr gut möglich, — eine direkte ursächliche Beziehung dieses Vorganges zur Membranvererzung aber doch minder wahrscheinlich. Die anatomischen Verhältnisse liegen zunächst anders. Bei *Conferva* erfolgt die Eisenspeicherung nicht in der eigentlichen Zellwand, sondern wie Molisch (1892, p. 19)[1] nachgewiesen hat, in einer äußeren Gallerthülle der Fäden; ebenso sitzen ja die Kalkkrusten den Wasserpflanzen äußerlich an. Bei den Desmidiaceen, auch bei *Closterium*, der stärkst eisenspeichernden, hier noch am ehesten in Betracht zu ziehenden Gattung, geschieht die Einlagerung stets in der Membran

[1] Cholodnyi (1922) hält die Gallertbildungen an *Conferva* für das Erzeugnis von Eisenbakterien. [Vgl. auch Cholodni's jüngst erschienenes Buch über Eisenbakterien (1926, p. 56, 127). Anmerkung bei der Korrektur].

Randzähnchen, beziehungsweise Stacheln gleichsam verankert. Oft bringen nun kleine Tiere, Rotatorien, Macrobioten u. dgl., in die Algenwatten derbe Bewegung; dabei trifft die Inanspruchnahme die Zähnchen oder Stacheln am Saum der Desmidiaceenzellen in verstärktem Maße; Erhöhung der Festigung durch lokale Vererzung kann dabei nur von Vorteil sein. — Vielleicht verleiht die Beobachtung der Lokalisation des Eisens an Orten erhöhter Inanspruchnahme rückwirkend auch der erwähnten biologischen Auffassung des Zellwandeisens der Closterien eine neue, weitere Stütze.

Natürlich braucht aber die Bedeutung der Eisenanreicherung nicht gerade in allen Fällen dieselbe zu sein. Für die Mittelanschwellungen und Zentralfelder der Halbzellen befriedigt die Deutung und Sinn mechanischen Schutzes weniger; zumal das Eisen hier auch schon bei Arten *(Cosmarium nitidulum, margaritiferum)* auftritt, wo von Vorwölbung der Membranpartien nichts oder wenig zu sehen ist, und die chemische Differenzierung damit fast als primär gegenüber der morphologischen erscheint. Vor allem bedürfen aber die Isthmusgürtel und die höchst markanten Ringleisten der Pleurotaenien gesonderter Beurteilung. Vielleicht erhöhen die letztgenannten die Festigkeit des Zusammenhaltens der zwei die Zellwand zusammensetzenden, in der Isthmusbinde sich berührenden Schalstücke. Allenfalls ließe sich noch an mechanische Schutzwirkung für die jüngsten Stadien in Bildung begriffener Membranstücke denken. Eine abschließende Deutung zu geben, soll hier nicht versucht werden. —

Wir wenden uns zur ersten Frage.

Auf was für Ursachen beruht wohl die Einlagerung des Eisenoxydhydrats in die Membranen und die lokale Speicherung im besonderen?

Viel läßt sich darüber nicht aussagen. Nur experimentelle Erfahrungen, am besten solche an rein kultiviertem Material, werden uns in die Physiologie der Vorgänge Einblick verschaffen können, während die vorliegende kleine Studie zunächst einmal der Festlegung anatomischer Verhältnisse gewidmet ist. So sind hier nur einige Fragen, zu denen unsere Beobachtungen Anlaß geben, zu berühren.

Vorne an steht hier die Frage, ob bei der Einlagerung des Membraneisens die Mitarbeit der lebenden Zelle, respektive des Zellinhaltes maßgebend ist oder ob jene schon durch den Zustand der Zellwände allein bedingt zu denken ist.

Wollte man an einen direkten Zusammenhang mit der Lebenstätigkeit des Protoplasten denken, so käme da erstlich die Möglichkeit einer Beziehung der Eisenspeicherung zur CO_2-Assimilation der grünen Zelle im Lichte in Betracht.

Gewisse Grünalgen aus der Gruppe der Conferven, welche Kützing seinerzeit in der Gattung *Psichohormium* zusammenfaßte,

besitzen bekanntlich die Fähigkeit, große Mengen von Eisen in den Gallerthüllen anzusammeln, so daß die Fäden dieser Algen von dicken Röhren oder Gürteln aus Eisenoxyd umhüllt erscheinen. Hanstein (1878, zitiert nach Molisch 1892, p. 20) hat die Meinung ausgesprochen, daß diese Algen die Kohlensäure, deren sie zu ihrer Ernährung bedürfen, dem gelösten Spateisenstein entnehmen, daß sie Eisenbicarbonat aufnehmen, das freiwerdende Eisenoxydul mittels des bei der Assimilation erzeugten Sauerstoffes in die Oxidform bringen und wieder abscheiden. — Daß viele höhere, submers lebende Wasserpflanzen die analoge Fähigkeit besitzen, die halbgebundene Kohlensäure gelösten Calciumbicarbonates für Assimilationszwecke nutzbar zu machen, ist ja bekannt. Die Kalkinkrustationen zahlreicher Gewächse entstehen dadurch, daß der bei der Spaltung des Bicarbonats ausfallende Kalk an der Oberfläche sich ablagert. Ruttner (1921) hat die höchst leistungsfähige Kohlrausch'sche Methode der Messung des elektrolytischen Leitvermögens verdünnter Lösungen zum Studium des Kohlensäurehaushaltes submerser Gewächse herangezogen. Er konnte beweisen, daß *Elodea* tatsächlich die Bicarbonatkohlensäure ausnutzt, dargebotenes gelöstes $Ca(HCO_3)_2$ bis zum letzten Rest spaltet und in $CaCO_3$ überführt. Dabei wird nicht einfach das natürliche chemische Gleichgewicht, zwischen Carbonat, Bicarbonat und freier Kohlensäure durch CO_2-Aufnahme seitens der Pflanze gestört, wie man früher dachte, sondern die Umsetzung vollzieht sich bedeutend rascher als bei einfacher CO_2-Entziehung, woraus hervorgeht, daß die Pflanze auch noch in anderer Weise in den Prozeß der Bicarbonatspaltung eingreift. Die Assimilation steht auch nach Erschöpfung des Bicarbonats noch nicht still, sondern selbst dem gelösten $CaCO_3$ werden durch die belichtete Pflanze noch Carbonatanionen entrissen. — Ob die Conferven sich wirklich in ähnlicher Weise die Kohlensäure gelösten Eisenbicarbonats verschaffen können, ist zwar experimentell noch nicht entschieden, aber von vornherein ganz wahrscheinlich (vgl. Molisch 1892, p. 20; 1910a, p. 54).

Auch für die Desmidiaceen scheint nun eine solche Verwertung des im Moorwasser in sehr verdünnter Lösung enthaltenen Eisenbicarbonats für Assimilationszwecke sehr gut möglich, — eine direkte ursächliche Beziehung dieses Vorganges zur Membranvererzung aber doch minder wahrscheinlich. Die anatomischen Verhältnisse liegen zunächst anders. Bei *Conferva* erfolgt die Eisenspeicherung nicht in der eigentlichen Zellwand, sondern wie Molisch (1892, p. 19)[1] nachgewiesen hat, in einer äußeren Gallerthülle der Fäden; ebenso sitzen ja die Kalkkrusten den Wasserpflanzen äußerlich an. Bei den Desmidiaceen, auch bei *Closterium*, der stärkst eisenspeichernden, hier noch am ehesten in Betracht zu ziehenden Gattung, geschieht die Einlagerung stets in der Membran

[1] Cholodnyi (1922) hält die Gallertbildungen an *Conferva* für das Erzeugnis von Eisenbakterien. [Vgl. auch Cholodni's jüngst erschienenes Buch über Eisenbakterien (1926, p. 56, 127). Anmerkung bei der Korrektur].

selbst und vollends bei den lokalen Eisenspeicherern, wie wir wissen, nur in bestimmten, meist kleinen Membranteilen. Zumal bei letzteren ist die Menge des festgelegten Eisens, absolut betrachtet, vielfach gering; es könnten, nebenbei bemerkt, nur sehr unbeträchtliche CO_2-Mengen sein, die entsprechend verfügbar würden.

Eher läßt sich an eine indirekte Beziehung folgender Art zur CO_2-Assimilation denken. Bekanntlich besitzen viele submerse Wasserpflanzen die Fähigkeit, das umgebende Wasser im Lichte alkalisch zu machen, was sich durch Rötung zugesetzter Phenolphthaleinlösung kundgibt (Klebs 1886, p. 340, Molisch 1910b, p. 969, Perušek 1919, p. 17). Wie Ruttner (1921, p. 84, 95) gezeigt hat, handelt es sich bei diesem Phänomen nicht um die Ausscheidung eines alkalisch reagierenden Elektrolyten aus den Zellen — in dest. H_2O tritt Alkaleszenz nicht ein —, sondern der Vorgang ist wohl so aufzufassen, daß seitens der lebenden Zellen der Umgebung Anionen, in der Natur speziell HCO_3' und CO_3'' entzogen und, da elektrisches Gleichgewicht erhalten bleiben muß, durch Hydroxyl-Ionen ersetzt werden, daß die Pflanze also nicht eigentlich Alkali, sondern, im Tauschweg, OH'-Ionen ausscheidet.

Entsprechende Auswirkungen der im Lichte assimilierenden Desmidiaceenzelle müßten in der Tat in den schwach sauer reagierenden Moorgewässern, welche die Wohnstätten unserer Algen sind,[1] die Fällung sonst in Lösung erhaltener Eisenverbindungen schon durch Herabsetzung der H'-Ionenkonzentration in unmittelbarer Zellnachbarschaft nur begünstigen. —

Wollte man an eine andersartige direkte Mitarbeit des lebenden Zellkörpers beim Zustandekommen der Eiseneinlagerungen in den Membranen denken, so wäre von vornherein vielleicht die Vorstellung naheliegend, daß die Zelle Eisenbicarbonat oder organische Eisenverbindungen in ihr Inneres gelangen läßt und überschüssig aufgenommenes Eisen nachher wieder ausscheidet und in der Zellwand deponiert. — Mochte die Annahme eines solchen Sekretionsvorganges älteren Autoren (Hanstein 1878) nicht unplausibel erscheinen, so hat sie heute sehr wenig Wahrscheinlichkeit für sich! Von theoretischer Seite stehen einer solchen

---

[1] Herrn Prof. F. Matula verdanke ich die orientierende Bestimmung der $H^{\cdot}$-Ionenkonzentration von zwei Ramsauer Moorwasserproben (gesammelt am 18. und 20. Oktober 1925).

Nach Austreiben der freien CO_2 gab

die Probe aus RT.......... $pH = 6 \cdot 60$ $\qquad C_H = 2 \cdot 5 . 10^{-7}$

$$\left(\text{EMK gegen } \frac{n}{1} \text{ KCl Kal.-Elektrode 667 MV}\right);$$

die Probe aus RMK........ $pH = 5 \cdot 53$ $\qquad C_H = 2 \cdot 94 . 10^{-6}$

$$\left(\text{EMK gegen } \frac{n}{1} \text{ KCl Kal.-Elektrode 605 MV}\right).$$

These, daß eine Schwermetallverbindung im Überschuß aufgenommen und nachher wieder abgegeben würde, unsere Kenntnisse der selektiv-permeablen Eigenschaften des Protoplasmas entgegen, welche für die Desmidiaceenzelle im wesentlichen wohl mit jenen der Zellen höherer Pflanzen übereinstimmen; dies soll hier nicht des näheren ausgeführt werden. — Hingegen ist die hypothetische Vorstellung zulässig und durch verschiedene neuere Erfahrungen gestützt (Ruttner 1921, p. 95, von Permibialitätsarbeiten z. B. Stiles 1924 und zahlreiche Arbeiten von Pantanelli), daß aus Lösungen ioniserter Salze die Ionen in sehr ungleichem Maße in den lebenden Protoplasten Aufnahme finden; wird eines der Ionen in größere Mengen eingelassen, so müssen zur Bewahrung des elektrischen Gleichgewichtes entsprechende Mengen gleichnamiger Ionen aus der Zelle herausdiffundieren. So würden in unserem Falle beispielsweise von dargebotenem Eisenbicarbonat HCO_3'-Ionen absorbiert und durch OH'-Ionen ersetzt, ohne daß Eisen in entsprechender Menge die Plasmamembran zu passieren brauchte.

Wie immer man sich indes auch die Mitarbeit des lebenden Protoplasten vorstellen mag, für eine Beobachtungstatsache läßt sie eine zureichende Erklärung doch nicht zu, nämlich für die in großer Zahl beschriebenen lokalen Membranvererzungen. Die streng lokale Lagerung des Eisens an bestimmten Stellen der Membran, die für die Individuen einer Spezies in gewissen Grenzen konstant und charakteristisch sind, läßt sich ohne die Annahme einer differenten Beschaffenheit der betreffenden Membranteile selbst nicht verstehen.

Man könnte ja etwa an eine Lokalisation der OH'-Ionenabgabe seitens der Protoplaste, welche die lokale Eisenabscheidung veranlaßte, denken, aber die anatomischen Verhältnisse, wie wir sie im Laufe dieser Untersuchung kennen gelernt haben, stehen größtenteils im Widerspruch zu einem solchen Erklärungsversuch. Von besonderer Bedeutung und besonders hervorzuheben ist da der Umstand, daß die lokal vererzten Membranteile keineswegs an den Protoplasten grenzen, sondern durch oft dicke Schichten eisenfreier Zellwand von ihm getrennt erscheinen. Bezüglich der Isthmusleiste von *Pleurotaenium nodulosum* hat Molisch (1925, p. 149) darauf hingewiesen; ebenso verhalten sich Warzen (p. 111) und Mittelanschwellungen (p. 113). Noch auffälliger wird das Verhältnis bei den lokal eiseneinlagernden Stacheln, deren ganzer Basalteil eisenfrei bleibt und wo, zumal in jüngeren Stadien, wie wir sahen, die Vererzung oft auf die Spitze beschränkt ist. Auch die Annahme einer Eisensekretion irgendwelcher Art aus den Protoplasten erledigt sich hier. Wie sollte die ausgeschiedene Substanz erst die dicke Schicht eisenfrei bleibender Membran, ohne Rückstände zu hinterlassen, durchdringen, um erst in der äußersten festgelegt zu werden? Mit der Deutung, daß das Eisen direkt von außen, aus der umspülenden Lösung, herrührt, stehen alle anatomischen Befunde im Einklang.

Es kann bei der lokalen Vererzung wohl nur der physisch-chemische Zustand der betreffenden Membranteile selbst entscheidend dafür sein, ob Eisen eingelagert wird oder nicht. —

Worin die Fähigkeit der Membranstücke zur Festlegung der Eisenverbindungen begründet ist, das läßt sich natürlich auf anatomischer Grundlage nicht entscheiden und es wäre verfehlt, auf die Frage hier schon eine definitive Antwort anzustreben. Denkt man an vorwiegend physikalische Ursachen, so kämen die (heute mit Vorliebe für erklärungsbedürftige Erscheinungen herangezogenen) Adsorptionsvorgänge in Betracht; denkt man an chemische, so hätte man etwa die Membranteile als mit einem besonderen, die Festhaltung des Eisens in lockerer Bindung begünstigenden Stoff imprägniert anzunehmen, ohne daß die angedeutete Disjunktion eine strenge oder vollständige zu sein brauchte.

Czapek (1915, p. 96) nimmt Anhäufungen mehrwertiger Ionen in alten Zellmembranen, — von »Calcium und Magnesium, besonders aber auch Eisen und Mangan« als Adsorptionsvorgänge in Anspruch. »Da Verdrängung durch stärker adsorbierbare Substanzen nicht möglich ist, so bleiben diese Stoffe in ungestörter Bindung liegen.« — Ich glaube nun nicht, daß ein Versuch, die Eisenanreicherungen bei unseren Desmidiaceen durch Adsorption allein zu erklären, befriedigen kann. Es soll hier nicht auf eine allgemeine Besprechung des Adsorptionsproblems eingegangen werden, das ist in biologischen Abhandlungen der letzten Jahre oft genug geschehen. Es ist schwer, Adsorptionen gegen chemische Bindungen scharf abzugrenzen. Schon der Begriff der Adsorption wird bei verschiedenen Autoren verschieden gefaßt. Versteht man unter Adsorption, in einem weiteren Sinn, eine nicht nur von der Natur, sondern auch von der Größe der Grenzfläche abhängige Verteilung eines Stoffes zwischen zwei Phasen, so werden dadurch chemische Reaktionen der Moleküle an der Oberfläche des Absorbens nicht ausgeschlossen. Wesentlich ist aber, daß der Größe der Oberflächenentfaltung an den Grenzflächen eine maßgebende Rolle bei der Anreicherung des Adsorbendums zukommen muß. Das hieße, daß in unserem Fall in den lokal das Eisen bindenden Membranteilen die Größe oder Art der Grenzflächenentwicklung zwischen Membran und Außenlösung vor den übrigen Zellwandteilen irgendwie ausgezeichnet sein müßte. Eine solche prinzipielle Verschiedenheit, die zum Verständnis des gegensätzlichen Verhaltens benachbarter Membranteile und der scharfen Begrenzung der eisenführenden Teile ausreichte, ist aber recht unwahrscheinlich und ihre Annahme zur Zeit durch nichts gestützt. Es sei auch in diesem Zusammenhang nochmals daran erinnert, daß bei lokalen wie bei kontinuierlichen Inkrustationen das Eisen nicht der Membranfläche angelagert, sondern einer äußeren Membranschicht eingelagert

erscheint; daher müßten Grenzflächenvorgänge gesonderter Art im Zellwandinnern gefordert werden, um eine Erklärung der lokal bevorzugten Eisenanreicherung durch Adsorptionsprozesse aufrechtzuerhalten.

Plausibler erscheint es meines Ermessens wohl vorläufig, die speichernden Membranteile mit einem besonderen Stoff ausgestattet anzunehmen, der durch seine Affinität zu gelösten Eisenverbindungen deren Festlegung in lockerer Bindung in den Membranteilen, wo er vorhanden ist, begünstigt, ohne dabei gerade für Grenzflächenwirkungen, respektive »adsorptive« Leistungen jenes Stoffes eine entscheidende Rolle in Anspruch zu nehmen.

Die Vorstellung bleibt eine durchaus unbestimmte; Vermutungen über die chemische Natur der hypothetischen, die Eisenanreicherung fördernden Membrankomponente zu äußern, wäre unangebracht; unter dem Einfluß Hansteen-Cranner'scher Anschauungen läge es heute vielleicht nahe, an Zellwandsubstanzen phosphatider Natur zu denken.

Nur so viel werden wir beurteilend aussagen dürfen, daß den sichtbaren Differenzen des Eisengehaltes benachbarter Zellwandelemente nicht örtlich verschiedene Auswirkungen des lebenden Protoplasten, sondern physikalisch-chemische, die einseitige Anreicherung des Eisens bedingende Unterschiede jener Zellwandteile selbt ursächlich zugrunde liegen müssen. —

Chemische Differenzierungen zwischen verschiedenen Zellhautschichten haben allgemeinste Verbreitung (vgl. Molisch 1923, Wisselingh 1924), chemische Auszeichnung gewisser Flächenelemente der Wand ein und derselben Zelle ist nicht so häufig, aber doch verbreitet. Meist handelt es sich indes hier wie dort um Stoffe, die von der Zelle unter Mitarbeit des lebenden Plasmas erzeugt (Verholzungen, Suberineinlagerungen etc.) oder aus dem Stoffwechsel des lebenden Protoplasten ausgeschieden werden (Kalk- und Kieselsäureablagerungen in Zystolithen, SiO_2 in *Carex*-Kegelzellen etc.). Lokalunterschiede im Anziehungsvermögen für von außen sich darbietende Stoffe zwischen Wandelelementen derselben Zelle sind bei weitem seltener.

Einen vergleichbaren Fall hat Molisch beschrieben. Werden *Elodea*-Sprosse in sehr verdünnten Eisensalzlösungen gehalten, so lagern die Zellwände Eisen in Form von braunem Oxyd ein, wobei sich zwei Arten der Speicherung unterscheiden lassen; die eine, unabhängig vom Licht, ist in den Membranen der einzelnen Zellen nicht besonders lokalisiert, die andere, die nur im Lichte erfolgt, ist auf bestimmte Teile der Außenmembran der Epidermiszellen beschränkt. Das eingelagerte Eisenoxyd erscheint hier in Form eines Kreises oder einer elliptischen Figur, bisweilen von konzentrischer Schichtung. (Molisch 1910b, p. 20 [978]). Die Zellen in der Nähe der Blattmittelrippe sind bevorzugt. — Von analoger Art sind die interessanten, von Molisch entdeckten

Manganspeicherungen, welche untergetauchte Sprosse von *Elodea* und zahlreicher anderer Wasserpflanzen in verdünnten Mangansalzlösungen (z. B. 0·1% $MnCl_2$ in Fluß- oder Leitungswasser) zeigen und die auch nur im Licht zustande kommen (Molisch 1909, Perušek 1919). Auch bei ihnen bleibt die Einlagerung, wenigstens im Beginn, auf gewisse Teile der äußeren Epidermismembranen beschränkt. Die Form des gefärbten Teiles ist beim Mangan oft etwas weniger charakteristisch als beim Eisen; doch beobachtete Perušek (1919, p. 13) an Rindenzellen von *Chara* auffällige, regelmäßige, durch die Manganeinlagerungen verursachte Querstreifungen. Am natürlichen Standort fand Molisch (1925, p. 155, Taf. IV, Fig. 3, 4) in Japan bei *Hydrilla verticillata* Royl. var. *Roxburghii* Casp. in manganreichem Wasser prächtige Lokaleinlagerungen auf den oberen Epidermiszellwänden der Blätter in Form tiefbrauner, länglich-elliptischer Flecke.

Die Eisenspeicherungen der Desmidiaceen liefern nun ein weiteres Musterbeispiel eines im natürlichen Zelleben regelmäßig sich vollziehenden Anreicherungsprozesses, der in der Zellmembran seinen Sitz hat und innerhalb dieser auf bestimmte, scharf begrenzte Teile lokalisiert ist.

Literatur.

1922. Cholodnyi N., Über Eisenbakterien und ihre Beziehungen zu den Algen. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. 40, p. 326.

1924. — Zur Morphologie der Eisenbakterien *Gallionella* und *Spirophyllum*. Ebenda, Bd. 42, p. 35.

1926. — Die Eisenbakterien. Jena.

1915. Czapek F., Ausblicke auf biologische Adsorptionserscheinungen. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 56, p. 83.

1920. Fischer R., Die Algen Mährens und ihre Verbreitung I. Verh. des naturwiss. Vereines in Brünn, Bd. 57.

1905. Gaidukov N., Über die Eisenalge *Conferva* und die Eisenorganismen des Süßwassers im allgemeinen. Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. 23, p. 250.

1920a. Gicklhorn I., Notizen über einen Flagellaten (*Monas micropora* nov. spec.). Arch. f. Protistenkunde, Bd. 41, Heft 2.

1920b. — Studien an Eisenorganismen, 1. Mitt. Diese Sitzungsber., Abt. I, Bd. 129.

1922. Hansteen-Cranner B., Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. Meldinger fra Norges Landbrukshoiskola, Bd. 2, p. 1.

1878. Hanstein J., Verh. des naturhist. Vereins d. preuss. Rheinlande und Westfalens, p. 73 der Sitzungsber.

1888. Hauptfleisch P., Zellmembran und Hüllgallerte der Desmidi Inaug. Diss. Greifswald.

1891. Heimerl A., *Desmidiaceae alpinae*. Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien, Bd. 41, p. 587.

1886. Klebs G., Über die Organisation der Gallerte bei einigen Algen und Flagellaten. Unters. aus d. bot. Inst. Tübingen, Bd. 2. p. 333.

1892. Lütkemüller J., Desmidiaceen aus der Umgebung des Attersees in Oberösterreich. Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien, Bd. 42, p. 537.

1902. Lütkemüller J., Die Zellmembran der Desmidiaceen, Cohn's Beitr. zur Biol. d. Pflanzen, Bd. 8, p. 347.

1905. — Zur Kenntnis der Gattung *Penium* Bréb. Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien, Bd. 55, p. 332.

1910. — Zur Kenntnis der Desmidiaceen Böhmens. Ebenda, Bd. 60, p. 478.

1892. Molisch H., Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena.

1909. — Über lokale Membranfärbung durch Manganverbindungen bei einigen Wasserpflanzen. Diese Sitzungsber. Abt. I, Bd. 118, p. 1427.

1910a. — Die Eisenbakterien. Jena.

1910b. — Über die Fällung des Eisens durch das Licht und grüne Wasserpflanzen. Diese Sitzungsber., Abt. I, Bd. 119, p. 959.

1923. — Mikrochemie der Pflanze. III. Aufl., Jena.

1925. — Botanische Beobachtungen in Japan. VIII. Mitt. Die Eisenorganismen in Japan. Science Reports of the Tohoku Imperial University, 4. Series, Biology, Sendai, Japan, Vol. I, Nr. 2.

1921. Naumann E., Untersuchungen über die Eisenorganismen Schwedens. Kuniggl.. Svenska Vetenskaps Akademiens Handlinger, Bd. 64, Nr. 4.

1925. — Die Gallertbildungen des pflanzlichen Limnoplanktons. Lunds Universitets Aerskrift, N. F., Avd. 2, Bd. 21, Nr. 5.

1896/1908. Nordstedt O., Index Desmidearum citationibus locupletissimus atque bibliographia. Lund.

1922. Oltmanns F., Morphologie und Biologie der Algen. II. Aufl., 1. Bd. Jena.

1919. Perušek M., Über Manganspeicherung in den Membranen von Wasserpflanzen. Diese Sitzungsber. Abt. I., Bd. 128, p. 3.

1921. Ruttner F., Das elektrolytische Leitvermögen verdünnter Lösungen unter dem Einflusse submerser Gewächse. I. Ebenda, Bd. 130, p. 71.

1902. Schroeder B., Untersuchungen über Gallertbildungen bei Algen. Verh. d. naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N. F., Bd. 7.

1924. Stiles W., The absorption of salts by storage tissues. Ann. of Bot., Bd. 38, p. 617.

1919. Vouk V., Biologische Untersuchungen der Thermalwässer Kroatiens und Slavoniens. Izvješča o Raspravama Matematičko-Prirodoslovnoga Razreda, Bd. 11/12, S. 49 und Prirodoslovna Istraživanja Hrvatski i Slavodje, Bd. 14, S. 130.

1904/1912. West W, and G. S., A Monograph of the British Desmidiaceae, Vol. I—IV. London.

1923. West G. S. and Carter N., Id., Vol. V. London.

1923. Wettstein R.. Handbuch der systematischen Botanik, III. Aufl., Wien.

1912. Wisselingh C. van, Über die Zellwand von *Closterium*, Zeitschr. f. Bot., Bd. IV, p. 337.

1924. — Die Zellmembran. Linsbauer's Handbuch der Pflanzenanatomie, Bd. III/2.

Inhalt.

Erklärung der Tafel.

Die eisenhaltigen Membranteile erscheinen nach Ausführung der Blutlaugensalzprobe in blauer Farbe.

Abb. 1. *Penium (Closterium) Libellula* (Focke) Nordst. (vgl. p. 123, 146).
2. *Penium (Closterium) navicula* Bréb. (p. 118, 146).
3. *Pleurotaenium nodulosum* De Bary (p. 107, 126, 148).
4. *Pleurotaenium truncatum* Näg. (p. 127, 148).
5. *Euastrum insulare* (Wittr.) Roy (p. 108).
6. *Micrasterias rotata* Ralfs (p. 109, 149).
b Ende eines Läppchens, stärker vergrößert.
7. *Micrasterias truncata* Bréb. (p. 109).
8. *Arthrodesmus convergens* Ehrenb. (p. 114).
9. *Xanthidium Brebissonii* Ralfs. (p. 120, 140).
10. *Xanthidium antilopaeum* Kütz. (p. 112, 139).
11. *Cosmarium margaritiferum* Menegh. (p. 111, 152).
a Halbzelle in Basalansicht, b in Flächenansicht.
12. *Cosmarium conspersum* Ralfs (p. 110, 152).
b Warze im optischen Querschnitt, c in der Aufsicht, stärker vergrößert.
13. *Cosmarium Brebissonii* Menegh. (p. 136, 151).
14. *Cosmarium isthmochondrum* Nordst. (p. 136, 151).
15. *Cosmarium nitidulum* De Not, (?, vgl. p. 150, Fußnote).
16. *Staurastrum teliferum* Ralfs (p. 114, 153).
b ein Stachel, stärker vergrößert.
17. *Staurastrum furcatum* Bréb. (p. 114, 153).
b ein Fortsatz, stärker vergrößert.
18. *Staurastrum Saxonicum* Bulnh. (p. 142, 153).
b ein Stachel, stärker vergrößert.
19. *Staurastrum furcigerum*, f. *eustephanum* Ralfs., Fortsätze (p. 144, 153).
20. *Sphaerozosma granulatum* Roy u. Biss. (p. 145, 154).
21. *Xanthidium armatum* Rabenh. (p. 113, 139).
b ein Fortsatz, stärker vergrößert.

Abb. 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 16, 17, 21 nach frischem Material;
Abb. 1, 4, 9, 13, 14, 15, 18, 19, 20 nach Herbarmaterial.

Für die Herstellung aller Abbildungen bin ich meinem Freunde, Herrn Dr. Christi Wimmer zu aufrichtigstem Dank verpflichtet.

Höfler K.: Über Eisengehalt und lokale Eisenspeicherung in der Zellwand der Desmidiaceen.

Taf. I.

